

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**VitalX: Um módulo e uma aplicação móvel para
um monitor vestível de sinais vitais.**

João Luís Gomes Abreu Fernandes

VERSÃO PROVISÓRIA

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Bioengenharia,
Ramo Engenharia Biomédica

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Trigueiros da Silva Cunha

2015

Resumo

Esta dissertação faz parte do projeto VitalLogger que tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização remota de sinais vitais mais completo e preciso. Este projeto encontra-se dividido em três partes, sendo que o trabalho aqui apresentado foca-se na parte de desenvolvimento de um módulo agregador para a plataforma Android que seja capaz de agregar a informação recolhida por dispositivos vestíveis de aquisição de sinais vitais, como o VitalJacket®, com os dados recolhidos por *smartphones*.

Tendo em conta a falta de sistemas atuais que façam a associação dos dados recolhidos por sensores de sinais vitais com a informação recolhida por sensores ambientais ou de movimento, a criação de um módulo que supra esta lacuna é de grande interesse.

Num primeiro plano, é apresentado nesta dissertação um estudo sobre o ECG e os fatores ambientais e comportamentais que o podem afetar. Posteriormente é exposta a importância dos *smartphones* na saúde e no quotidiano das pessoas em geral, sendo feito um levantamento de aplicações móveis e dispositivos vestíveis capazes de recolher ECG, por ser o sinal vital de maior interesse para esta dissertação.

É então apresentado um módulo agregador desenvolvido para a plataforma Android com o objetivo de selecionar sensores específicos pertencentes tanto a dispositivos externos de monitorização, como ao próprio *smartphone* utilizado, e realizar monitorizações com todos os sensores selecionados em simultâneo.

De forma a poder comprovar o funcionamento e adaptabilidade do módulo criado, foi desenvolvida uma aplicação de demonstração que recorre a este módulo para providenciar ao utilizador a possibilidade de, utilizando um VitalJacket®, recolher o ECG e associa-lo aos dados recolhidos pelos sensores presentes no seu *smartphone*.

Os testes realizados a esta aplicação de demonstração comprovam que o módulo desenvolvido é funcional e poderá, portanto, ter grande utilidade para o presente e futuro na área da monitorização remota.

Palavras Chave:

Monitorização remota; Eletrocardiograma; m-Health; Android

Abstract

As part of the project VitalLogger, the aim of this dissertation was to develop a more complete and precise remote system capable of monitoring vital signals. Since the project is divided in three different parts, the present work is focus in one of them, related with the development of an aggregation module for the Android platform. This module should be capable of assemble the information collected through vital signal acquisition wearable devices, like VitalJacket®, together with the information collected from smartphones.

Taking into account that currently there is a lack of systems capable to associate collected data from both vital signal sensors and environmental or motion sensors, the development of this module will bring new insights and solutions in this area.

The first part of the present work shows a literature review based in ECG and in the environmental and behavioural factors that can affect their result. Following is exposed smartphones appliance in health and in people's daily life is taken. In this second part, a survey with mobile applications and wearable devices capable of acquiring ECG is described, since vital signals are one of the main points of this dissertation.

In a third phase, the developed aggregation module for Android platform is presented. This module has the main objective of selecting specific sensors which can belong not only to external monitoring devices but also to the smartphone itself, performing monitorings with all selected sensors at the same time.

As a proof of principle of the created module functionality and adaptability, a demonstration application was developed. This application uses the developed module as a way to provide the user the possibility of, using VitalJacket®, acquiring ECG and other types of data, associating them with the sensors present in their smartphone.

Performed tests showed that the developed module its functional and can bring new potentialities for the future of remote monitoring.

Key-Words:

Remote monitoring; Electrocardiogram; m-Health; Android.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor João Paulo Cunha, meu orientador, por me ter permitido realizar esta dissertação, pela disponibilidade e paciência nos momentos mais difíceis, pelos ensinamentos proporcionados e ainda pela exigência com que me orientou neste percurso pela Dissertação. Com outro orientador duvido que fosse possível chegar até aqui.

De seguida quero agradecer à Biodevices, S.A., nomeadamente ao Nuno e ao Vitor que sempre se mostraram disponíveis tanto para tirar dúvidas como ajudar no que fosse preciso.

Aos meus amigos que me acompanham desde tenra idade e que sempre se mostraram presentes quando mais precisei do seu apoio e amizade, dos quais sou obrigado a destacar o Perna e o Ricardo que partilharam casa comigo nesta aventura académica.

À Laly e ao Nuno que conheci no meu primeiro ano de faculdade e nunca mais me largaram tendo partilhado grupo comigo vezes sem conta, o que gerou laços de amizade para o resto das nossas vidas.

Quero deixar aqui explícito também o meu agradecimento ao meu clube, o Vitória Sport Club, que apesar de alguns momentos menos bons, ensina-me constantemente que a vida não é feita de vitórias, tendo-me proporcionado uns dos melhores momentos da minha vida naquela bela tarde de Domingo, a 26 de Maio de 2013.

À minha bela namorada Andreia, porque sem ela os últimos três anos seriam com certeza piores, e os últimos seis meses mostraram que juntos podemos enfrentar qualquer obstáculo. Foi a principal revisora deste trabalho e por isso sem ela tenho a certeza que não teria chegado aqui. Obrigado por tudo meu amor!

Quero deixar um agradecimento ao meu pai que sempre se esforçou para me transmitir os seus princípios, escolhendo sempre as palavras certas para me motivar e fazer de mim uma pessoa cada vez melhor, mesmo nos momentos mais difíceis que temos vindo a passar.

Por fim, o último agradecimento vai para quem já não está aqui para o ler. A pessoa mais importante da minha vida que me ensinou a andar, a falar, a escrever e estudar, infelizmente não pode estar aqui para assistir à conclusão do meu ciclo de estudos. Foi contigo que me formei homem e é por ti que agora sou Engenheiro. Magoa-me não poder partilhar esta alegria contigo e ver o teu sorriso quando aparecesse em casa com o “canudo” na mão. Obrigado por tudo minha mãe!

Enquanto viver, viverás dentro de mim!

“Na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Antoine Lavoisier

Índice

Resumo	iii
<i>Abstract</i>	v
Agradecimentos	vii
Índice	x
Lista de figuras	xii
Lista de tabelas.....	xvi
Abreviaturas e Símbolos.....	xviii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 - Enquadramento	2
1.2 - Motivação	3
1.3 - Objetivos Específicos	4
1.4 - Estrutura do documento.....	4
Capítulo 2.....	7
Revisão do Estado da Arte	7
2.1 - Introdução ao Eletrocardiograma (ECG)	7
2.1.1 - Eletrocardiograma (ECG)	8
2.1.2 - Fatores que afetam o batimento cardíaco.....	10
2.2 - <i>Smartphones</i> e aplicações móveis para ECG	11
2.2.1 - Smartphones	11
2.2.2 - Escolha do sistema operativo	13
2.2.3 - Sensores presentes em <i>smartphones</i>	14
2.2.4 - Sensores vestíveis de ECG	15
2.2.4.1- Zephyr HxM®	15
2.2.4.2- Sensoris ZaoPod	16
2.2.4.3- hWear™	16

2.2.4.4- Vital Jacket®	17
2.2.5 - Sistemas móveis de recolha ECG	18
2.2.5.1- eCAALYX.....	19
2.2.5.2- Sistema para análise da variabilidade da frequência cardíaca para condutores de veículos (SAHRVCV)	20
2.2.5.3- PhysioDroid	20
2.2.5.4- DroidJacket	21
2.2.5.5- AliveCor Mobile ECG	22
2.3 - Conclusão	23
Capítulo 3.....	25
VitalX: Um módulo e uma aplicação móvel de demonstração	25
3.1 - Projeto VitalLogger.....	25
3.2 - Análise de requisitos	27
3.3 - Fluxo de Atividades e Protótipos Exploratórios	29
3.4 - Arquitetura do módulo agregador	33
3.5 - Layouts da DemoApp.....	34
3.5.1 - Menu Inicial	37
3.5.2 - Select Ext Device.....	38
3.5.3 - Gestão de Perfis.....	38
3.5.3.1- Sensor Profiles	38
3.5.3.2- New Profile	39
3.5.4 - Live Record e Stream Data	40
3.5.5 - Consulta de Monitorizações	42
3.5.5.1- Records List.....	42
3.5.5.2- Record View	43
3.6 - Detalhes da Implementação	44
3.7 - Conclusão	47
Capítulo 4.....	49
Resultados e Discussão	49
4.1 - Novos Sensores do VJ	49
4.2 - Variação do ECG com aumento da atividade física	50
4.3 - Conclusão	56
Capítulo 5.....	59
Conclusões e Trabalhos Futuros	59
Anexo A	61
Anexo B	66
Bibliografia	68

Lista de figuras

Figura 2.1 - Ilustração da montagem padrão do triângulo de Eindhoven. As iniciais RA, LA, RL, LL referem-se respetivamente, a braço direito (right arm), braço esquerdo (left arm), perna direita (right leg) e perna esquerda (left leg) (Adaptado de [16]).	8
Figura 2.2 - Amostra de um sinal ECG (Adaptado de [20]).	9
Figura 2.3 - Evolução das funcionalidades dos telemóveis (Adaptado de [3]).	11
Figura 2.4 - Evolução da percentagem de subscrições de smartphones em Portugal entre 2012 e 2013 (Adaptado de [31]).	12
Figura 2.5 - Evolução da percentagem de mercado em sistemas operativos móveis de 2009 a 2013 (Adaptado de [35]).	13
Figura 2.6 - Percentagem de mercado de sistemas operativos móveis (adaptado de [37]).	14
Figura 2.7 - Conjunto de sensores presente em dispositivos Android, divididos de acordo com a sua função (Adaptado de [38]).	15
Figura 2.8 - Cinta Zephyr HxM® (Adaptado de [40]).	16
Figura 2.9 - Sensaris ZaoPod (adaptado de [41]).	16
Figura 2.10 - Camisola hWear™ (Adaptado de [43]).	17
Figura 2.11 - Kit VitalJacket® (Adaptado de [44]).	17
Figura 2.12 - Interface gráfica da aplicação ECGTool (Adaptado de [45]).	18
Figura 2.13 - Arquitetura da plataforma móvel eCAALYX (Adaptado de [7]).	19
Figura 2.14 - Arquitetura do sistema portátil de análise da variabilidade da frequência cardíaca para condutores de veículos (Adaptado de [47]).	20
Figura 2.15 - Constituição do sistema PhysioDroid (Adaptado de [48]).	21
Figura 2.16 - Ecrãs da aplicação DroidJacket: a) ecrã inicial, b) ecrã inicial com o botão do menu inicial premido, c) ecrã com monitorização do ECG (adaptado de [32]).	22
Figura 2.17 - Sistema AliveCor Mobile ECG composto por sensor de ECG na capa e aplicação móvel que realiza a monitorização do sinal obtido (Adaptado de [50]).	23

Figura 3.1 - Arquitetura da plataforma do VitalLogger. A área delimitada pelos retângulos roxo, verde e vermelho divide a plataforma VitalLogger em três componentes segundo o nível de programação necessário.	26
Figura 3.2 - Diagrama de Casos de Uso do projeto VitalX (Módulo agregador + DemoApp).	28
Figura 3.3 - Ecrã inicial da DemoApp com logotipo e lema da aplicação.	29
Figura 3.4 - a) Sketch do Menu Inicial da aplicação VitalX b) Fluxo de atividade do Menu Inicial da DemoApp.	30
Figura 3.5 - a) Sketch da atividade de seleção do VJ pretendido, b) Fluxo de atividades para a seleção do VJ.	30
Figura 3.6 - a) Fluxo de atividades para a gestão de perfis; b) Fluxo de atividades para a seleção de sensores do VJ para a criação de um novo perfil; c) Fluxo de atividades para a seleção de sensores do smartphone para a criação de um novo perfil; d) Sketch da atividade de gestão de perfis; e) Sketch da atividade de criação de um novo perfil.	31
Figura 3.7 - a) Fluxo de atividades para a monitorização dos sensores presentes num perfil selecionado; <i>Sketches</i> das atividades de monitorização: b) Stream Data; c) Live Record.	32
Figura 3.8 - a) Fluxo de atividades para a consulta de exames realizados; b) <i>Sketch</i> da atividade com lista de aquisições realizadas; c) <i>Sketch</i> da atividade com os resultados de uma atividade em específico.	33
Figura 3.9 - Arquitetura do módulo de agregação de sensores para plataforma Android.	34
Figura 3.10 - Layout-tipo das atividades da DemoApp.	35
Figura 3.11 - Código XML para definir o layout-tipo das atividades da DemoApp.	36
Figura 3.12 - Primeiro ecrã da DemoApp.	37
Figura 3.13 - Menu inicial da DemoApp.	37
Figura 3.14 - Layout da atividade da DemoApp para a seleção do dispositivo externo.	38
Figura 3.15 - Layout da atividade da DemoApp para gestão de perfis de sensores.	39
Figura 3.16 - Layout da atividade da DemoApp para a criação de perfis de sensores.	40
Figura 3.17 - Layout comum às atividades de monitorização da DemoApp antes da escolha do perfil pretendido.	40
Figura 3.18 - Layout da atividade Live Record da DemoApp durante uma monitorização.	41
Figura 3.19 - Layout da atividade Stream Data da DemoApp durante uma monitorização.	41
Figura 3.20 - AlertDialog originado pelo fim da monitorização em ambas atividades de monitorização da DemoApp.	42
Figura 3.21 - Layout da atividade da DemoApp para gestão de exames realizados.	43
Figura 3.22 - Layout da atividade da DemoApp para consulta de um exame selecionado.	44

Figura 3.23 - Permissões introduzidas no manifesto do projeto da aplicação de demonstração.....	44
Figura 3.24 - Classe de constantes para atribuir um identificador aos sensores do VJ e GPS.....	45
Figura 3.25 - Método criado para a gravação em ficheiro de um evento associado a um sensor de três variáveis.	46
Figura 3.26 - Diagrama de Classes da DemoApp.	47
Figura 4.1 - Atividade Live Record durante a monitorização dos sensores incorporados no VJ e do acelerómetro de 3 eixos presente no tablet utilizado.....	50
Figura 4.2 - Monitorização do indivíduo testado durante a primeira fase do teste do proposto.	51
Figura 4.3 - Atividade “View Record” da DemoApp correspondente ao exame realizado para o teste proposto.....	52
Figura 4.4 - Pasta da DropBox com os exames enviados pela DemoApp.	52
Figura 4.5 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na primeira fase do teste.	53
Figura 4.6 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na segunda fase do teste.....	54
Figura 4.7 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na terceira fase do teste.....	55
Figura 4.8 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na quarta fase do teste.	56

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Alterações no batimento cardíaco provocadas por diferentes tipos de stress.	10
---	----

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

ANS	Sistema Nervoso Autônomo
API	Interface de Programação de Aplicações
App	Aplicação móvel
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
bpm	Batimentos por Minuto
CPU	Unidade Central de Processamento
DWPT	<i>Discrete Wavelet Packet Transform</i>
DWT	<i>Discrete Wavelet Transform</i>
eCAALYX	<i>Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment</i>
ECG	Eletrocardiograma
FDA	U.S. Food and Drug Administration
FREMU	<i>First Responder External Measurement Unit</i>
FTP	Protocolo de Transferência de Ficheiros
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HF	Alta Frequência (<i>high frequency</i>)
HRV	Variabilidade da Frequência Cardíaca
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IEETA	Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro
ID	Identidade
iOS	Sistema Operacional Móvel da <i>Apple</i> Inc.
OBD	<i>On-Board Diagnosis</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONT	Rede de Telemedicina de Ontário
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PNN50	Porcentagem de Intervalos Adjacentes que diferem mais 50 ms
PSD	Densidade Espectral de Potência
RIM	<i>Research In Motion</i>
RMSSD	Raiz Quadrada do Desvio Padrão
RTC	<i>Real Time Code</i>
SAHRVCV	Sistema para análise da variabilidade de frequência cardíaca para condutores de veículos
SD	<i>Secure Digital</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SDNN	Desvio Padrão de Intervalos de Batimentos Normais

SMS	Mensagens de Texto
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervoso Simpático
S.A.	Sociedade Anónima
UE	União Europeia
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
VIH	Vírus da Imunodeficiência Humana
VJ	<i>VitalJacket®</i>

Lista de símbolos

LA	Braço Esquerdo (<i>left arm</i>)
LF	Baixa Frequência (<i>low frequency</i>)
LL	Perna Esquerda (<i>left leg</i>)
<i>P</i>	Onda originada no início de cada batimento cardíaco fruto da despolarização auricular
Q R S	Complexo formado no batimento cardíaco fruto da despolarização ventricular
RA	Braço Direito (<i>right arm</i>)
RL	Perna Direita (<i>right leg</i>)
R-R	Intervalo de Picos
T	Onda originada no final de cada batimento cardíaco fruto da polarização ventricular
V	Voltagem (Volts (V))

Capítulo 1

Introdução

A saúde é um dos aspetos mais importantes para o ser humano. Falar de saúde, é o mesmo que falar em vida!

Viver mais e melhor é e continuará a ser um dos principais objetivos da sociedade porém, com o aumento da esperança média de vida da população mundial, os custos associados à saúde têm aumentado ano após ano. Desde 1992 que os gastos em cuidados de saúde, em muitos países desenvolvidos, têm crescido mais rapidamente que o Produto Interno Bruto (PIB), sendo uma tendência que não mostra sinais de abrandamento [1], tornando assim mais evidente a necessidade de reestruturar o sistema de saúde.

Uma possível solução para este problema passa pela implementação de meios tecnológicos com inovações ao nível das tecnologias de informação e comunicação (TIC), que já mostraram ter bastantes vantagens quando aplicadas noutros sectores da sociedade como é o caso dos sectores bancário, turismo, música, vendas a retalho e agricultura [1]. Para além da diminuição de custos, as transformações nestes setores têm gerado oportunidades tremendas para consumidores e empresas capazes de aproveitar o poder da inovação e são impulsionadores de mudanças comportamentais na sociedade em geral.

Os cuidados de saúde desde sempre beneficiaram com os avanços tecnológicos. O constante melhoramento de equipamentos médicos permite providenciar diagnósticos e tratamentos mais precisos e eficazes, aumentando as possibilidades de ajudar os pacientes [2]. Esta aplicação das TIC nos cuidados de saúde deu origem a uma área de estudo denominada Saúde Eletrónica ou e-Health.

A e-Health é uma área da medicina que conjuga informática médica, saúde pública e atividade comercial, relativamente a serviços de saúde e informação providenciada ou melhorada através da Internet e tecnologias relacionadas [1]. Apesar de ainda estar numa fase precoce, esta área tem mostrado o seu potencial um pouco por todo o mundo, em diversos tipos de aplicações clínica, melhorando a produtividade, qualidade e acessibilidade dos cuidados de saúde. Existem já exemplos práticos da e-Health como o acesso *online* a resultados de análises de laboratório ou o acesso móvel a imagens de radiologia, assim como campanhas de prevenção de doenças que através de meios digitais conseguem fazer chegar informação importante a comunidades em locais remotos, para além de oferecerem novas e melhores formas de gestão de doenças crónicas [2].

Um importante ramo da e-Health e que começa a ter um papel bastante importante na reestruturação dos sistemas de saúde é a Telemedicina, que recorre às TIC para disponibilizar cuidados de saúde à distância, tratando-se, portanto, de uma solução eficaz para as comunidades mais remotas que não têm acesso direto a cuidados de saúde, para além de possibilitar a comunicação e a troca de dados de saúde entre médicos e pacientes [3, 4]. Já existe também a possibilidade dos pacientes possuírem sistemas de monitorização em sua casa, que permitem a recolha de sinais vitais e o seu envio para o médico correspondente, que poderá analisá-los posteriormente.

A Telemedicina constitui, assim, uma forma de reduzir custos de cuidados de saúde tanto para os hospitais como para os pacientes, aumentando da eficiência dos cuidados em geral, através de uma melhor gestão de doenças crónicas, da partilha de informações clínicas entre os profissionais de saúde, da diminuição do número de viagens dos pacientes, além de diminuir e encurtar os períodos de internamento nos hospitais [3].

Com os avanços tecnológicos no século XXI, nomeadamente o aparecimento e forte penetração dos telemóveis “inteligentes” ou *smartphones* as estratégias de Telemedicina ganharam outra dimensão, tendo dado origem a outra área de cuidados de saúde conhecida por saúde móvel ou m-Health.

A m-Health é mais um ramo da e-Health e consiste, assim, na aplicação de computação móvel em cuidados de saúde e saúde pública, tratando-se de uma área em rápida expansão tanto a nível prático como em termos de investigação [5]. Os programas e intervenções da *m-Health* recorrem a dispositivos eletrónicos móveis, como assistentes digitais pessoais (PDAs) ou telemóveis inteligentes, para uma gama de funções que incluem sistemas de suporte à decisão clínica, ferramentas de recolhas de dados para os profissionais de saúde, apoio à alteração de comportamentos de saúde e gestão de doenças crónicas pelos próprios pacientes [6].

Uma das principais utilidades da m-Health, e que servirá de base ao objetivo desta dissertação, é a monitorização remota por telemóvel que está provada como sendo benéfica para o acompanhamento de pacientes (agudos, crónicos, afetados por desastres), de pessoas mais idosas e até para o controlo e análise da performance de profissionais de risco como soldados, polícias ou bombeiros. Pequenas aplicações de telemóvel são capazes de realizar a deteção de doenças específicas através da análise de biosinais adquiridos por dispositivos externos como monitores ambulantes de batimento cardíaco, verificadores de diabetes portáteis ou medidores de pressão arterial [5].

Em estudos realizados anteriormente, a maior parte dos pacientes, apesar de não dispensarem o contacto pessoal os profissionais de saúde, aceitam bem o uso de tecnologias móveis para sistemas de monitorização remota. Contudo, é necessário ter em conta pacientes com pouca destreza manual, dificuldades de visão ou com predisposição para altos níveis de ansiedade que poderão não conseguir adaptar-se tão bem às ferramentas móveis para este tipo de monitorização [7].

1.1 - Enquadramento

Os sistemas de monitorização remota de pacientes atualmente desenvolvidos no âmbito da área da Telemedicina já mostraram ser mais vantajosos em termos económicos e de comodidade tanto para as pessoas como para as instituições de saúde [8]. Quando se focam na monitorização do coração ganham uma importância redobrada dado que, as doenças

cardiovasculares constituem a causa de morte mais relevante em toda a Europa, incluindo Portugal, sendo responsáveis por mais de 30% dos óbitos [6], e englobando um vasto conjunto de situações clínicas que afetam o sistema circulatório em diferentes localizações [9].

Uma das principais causas de morte são os “ataques cardíacos”, denominação popular para o enfarte do miocárdio. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o enfarte do miocárdio mata 15 milhões de pessoas no mundo por ano, não escolhendo sexo, raça ou idade, havendo, no entanto, alguns fatores de risco como o tabagismo, obesidade, ansiedade, sedentarismo, hipertensão, diabetes, entre outros.

Em Portugal, todos os anos cerca de 30000 pessoas sofrem ataques cardíacos, dos quais 10000 acabam por não sobreviver a este evento extremamente perigoso [10]. Em 2013 a doença isquémica do coração provocou 6.936 óbitos (6,5%) e o enfarte agudo do miocárdio 4.568 mortes (4,3%) [11].

Muitas destas doenças podem ser vigiadas de modo a prevenir episódios com consequências irreversíveis, recorrendo a sistemas de monitorização contínua dos pacientes [12], que têm sofrido uma grande expansão desde o aparecimento dos *smartphones*. Estes dispositivos tendo preços cada vez mais acessíveis, têm permitido que um pouco por todo o mundo, incluindo regiões como a Ásia, o Médio Oriente e mesmo em África, as pessoas possam trocar os seus telemóveis básicos por *smartphones* [2].

Com o aparecimento e prosperação de tecnologias móveis e de banda larga tornou-se possível providenciar serviços de cuidados de saúde de forma remota e a baixo custo, devido ao fácil acesso tanto a telemóveis e Internet, existindo já intervenções bem documentadas como mensagens de texto para facilitar o controlo de doenças como diabetes, hipertensão, asma, distúrbios de alimentação e tratamento de VIH (Vírus de Imunodeficiência Humana), para além de aplicações móveis que ajudam os utilizadores a deixar de fumar, perder peso, reduzir o consumo de álcool e também a prevenir doenças sexualmente transmissíveis [6].

A dissertação aqui apresentada insere-se no âmbito do projeto VitalLogger, que visa o desenvolvimento de um sistema de monitorização remota de sinais vitais completo, que recolhe a informação relativa a sinais vitais recorrendo a dispositivos vestíveis como o VitalJacket® (VJ) desenvolvido pela empresa portuguesa Biodevices, Sistemas de Engenharia Biomédicas, S.A., e sincroniza essa informação com os dados recolhidos por sensores presentes em dispositivos móveis como *smartphones*.

1.2 - Motivação

Nos últimos têm surgido cada vez mais sensores vestíveis de sinais vitais devidamente certificados e a preços acessíveis com o objetivo de providenciar aos seus utilizadores uma monitorização confortável e fidedigna do seu estado de saúde. No caso da recolha de eletrocardiogramas há já um vasto número de dispositivos capazes de o fazer estando muitas vezes associados a aplicações móveis para *smartphones* que estabelecem a interface gráfica com os utilizadores. No entanto, os sistemas atuais compostos pelos sensores externos e pelas aplicações móveis ficam restringidos normalmente à análise da atividade cardíaca isolada, incluindo por vezes detetores de anormalidades no sinal elétrico recebido e possibilitando o envio da monitorização para profissionais de saúde capazes de analisar o eletrocardiograma.

Nos dias que correm os smartphones incorporam diversos tipos de sensores que são capazes de fornecer informação detalhada sobre fatores como a atividade física, a localização e as condições ambiente em redor do seu utilizador. No processo de monitorização da

atividade cardíaca, este tipo de fatores exercem uma forte influência nas variações do ritmo cardíaco, pelo que devem ser tidos em conta na análise de um eletrocardiograma.

Assim, a principal contribuição desta dissertação passa pelo desenvolvimento de um módulo para a plataforma Android capaz de agregar os valores recolhidos pelos sensores de um *smartphone* utilizado com os dados obtidos por dispositivos externos de monitorização remota, estabelecendo uma relação temporal entre eles. Com este módulo será possível desenvolver aplicações móveis capazes de monitorizar a saúde dos seus utilizadores de um modo confortável e com mais informação de interesse. De forma a comprovar a funcionalidade deste módulo será também apresentado, nesta dissertação, o desenvolvimento de uma aplicação móvel de demonstração, que utiliza o módulo desenvolvido para proporcionar um sistema de monitorização remota do coração, estando associada para esse efeito ao sensor vestível VJ.

1.3 - Objetivos Específicos

O projeto VitalLogger visa o desenvolvimento de um sistema de monitorização de sinais vitais que seja capaz de agregar a informação proveniente de dispositivos vestíveis de recolha de sinais vitais como o VJ, com os dados recolhidos pelos sensores incorporados nos *smartphones*. Este projeto envolve o melhoramento da versão atualmente disponível do VJ, através da adição de novos sensores de sinais vitais e ambientais, permitindo a agregação desses sensores com outros presentes em diferentes dispositivos, incluindo os *smartphones*, de forma a melhorar os sistemas existentes de monitorização de ECG.

O presente trabalho, sendo a componente visível de todo o projeto VitalLogger, tem como objetivo principal o desenvolvimento de um módulo para a plataforma Android que seja capaz de agregar e relacionar temporalmente a informação proveniente dos sensores presentes nos *smartphones* e dos sensores incorporados em dispositivos de monitorização de sinais vitais como o VJ.

Este módulo deverá permitir uma seleção dos sensores a monitorizar a partir de uma lista contendo todos os sensores presentes no conjunto do *smartphone* e dispositivos externos utilizados, para que a monitorização se foque em sensores específicos de acordo com o propósito do utilizador.

Por fim, de forma a comprovar o funcionamento do módulo desenvolvido, esta dissertação tem também o objetivo de criar uma aplicação móvel de demonstração, na qual seja também possível gravar os valores recolhidos pelos diferentes sensores selecionados, para possibilitar uma análise posterior dos mesmos.

1.4 - Estrutura do documento

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos. Ordenadamente estes seguem a seguinte intitulação: Introdução; Revisão do Estado da Arte; VitalX: um módulo e uma aplicação móvel de demonstração; Resultados e Discussão; e por fim Conclusões e Trabalhos futuros.

O primeiro capítulo tem por objetivo realizar uma introdução ao tema através da explicação da motivação deste tema, bem como o enquadramento e os objetivos específicos deste projeto.

O capítulo do Estado da Arte encontra-se dividido em dois subcapítulos principais, que abordam primeiro a importância do eletrocardiograma relativamente à atividade cardíaca das pessoas, e depois é feito um levantamento da tecnologia existente na área da computação móvel para a recolha de electrocardiogramas através de dispositivos móveis.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia por trás desta dissertação, sendo descrito mais pormenorizadamente o projeto VitalLogger no qual se insere esta dissertação.

Posteriormente é feita análise de requisitos para o desenvolvimento do módulo agregador e de uma aplicação móvel de demonstração, sendo apresentado também os fluxos de atividades que aplicação deve obedecer. De seguida é exposta a arquitetura do módulo criado e dada a necessidade de se demonstrar a sua funcionalidade, foi desenvolvida uma aplicação móvel, cujos testes à sua robustez são apresentados no capítulo quatro. Assim, o quarto capítulo foca-se nos resultados obtidos por essa aplicação, havendo espaço para a sua discussão.

Por fim, o quinto e último capítulo desta dissertação faz um apanhado geral sobre o trabalho desenvolvido, tecendo algumas conclusões e deixando indicações para possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão do Estado da Arte

Neste capítulo é feito um levantamento do estado atual da área em que se insere esta dissertação, sendo por isso feita uma análise inicial ao funcionamento do eletrocardiograma (ECG), tendo em conta que expõe o sinal vital de maior interesse para o objetivo final deste trabalho. De seguida são apresentados fatores responsáveis pela alteração da atividade cardíaca de uma pessoa.

No subcapítulo seguinte é revista a tecnologia existente na área da computação móvel aplicada à recolha de ECG, sendo referenciado o papel dos *smartphones* na sociedade e a importância da escolha do sistema operativo antes do desenvolvimento de uma aplicação móvel. Posteriormente são analisados os sensores presentes atualmente em *smartphones* e os dispositivos vestíveis de monitorização de ECG existentes no mercado. Por fim, é feito um levantamento de sistemas atuais que usam aplicações móveis para a recolha de ECG.

2.1 - Introdução ao Eletrocardiograma (ECG)

O coração é um órgão do corpo humano que funciona basicamente como uma bomba hidráulica que faz correr o sangue por todo o corpo, através de vasos sanguíneos. O sistema elétrico das fibras do coração desempenha um papel crucial no correto funcionamento da atividade cardíaca, garantindo que os ventrículos e aurículas operam segundo uma sequência e tempos apropriados. Contudo, é a massa de tecido de músculo contrátil que produz o sinal elétrico que pode ser registado a partir da superfície da pele e que é conhecido por eletrocardiograma (ECG) [13].

Tratando-se do “motor” do corpo humano, o coração é um dos órgãos mais importantes para a vitalidade de um indivíduo, o que faz com que o seu mau funcionamento leva a taxas de mortalidade elevadas. Por exemplo, nos Estados Unidos da América (EUA) a principal causa de morte são as doenças cardíacas, provocando mais mortes que o cancro ou doenças respiratórias [14].

Uma forma de prevenção destes acontecimentos letais passa por sistemas de monitorização contínua do coração, uma vez que através da análise da onda elétrica produzida pelo batimento cardíaco é possível diagnosticar um vasto conjunto de doenças associadas [15].

2.1.1 - Eletrocardiograma (ECG)

O eletrocardiograma ou ECG consiste na medição da atividade elétrica associada à função cardíaca cujo gráfico produzido, quando analisado por um especialista, pode indicar anormalidades na saúde cardíaca do paciente [16].

No século XIX, já era sabido que o coração produzia potenciais elétricos, apesar de não existirem meios de medição não invasivos, com sensibilidade para detetar voltagens à superfície da pele, que hoje se sabe que são inferiores a 5mV [16]. Alguns anos depois, no início do século XX, um doutor holandês chamado *Willem Einthoven* ficou conhecido por ter criado o primeiro dispositivo de gravação de ECG com qualidade clínica, usando para isso um aparelho conhecido por “Galvanómetro de Cordas” [17].

Para além de ser conhecido pela gravação de ECG com uma precisão sem precedentes, Einthoven também desenvolveu um método e terminologia padrão que ainda hoje é utilizado na aquisição deste tipo de sinal: o “triângulo de *Einthoven*” (Figura 2.1) que é a configuração básica do ECG e serve de guia para a colocação de elétrodos no corpo de forma a observar a atividade cardíaca de várias perspetivas.

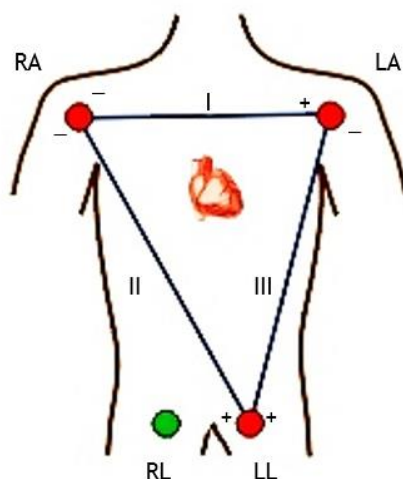


Figura 2.1 - Ilustração da montagem padrão do triângulo de *Einthoven*. As iniciais RA, LA, RL, LL referem-se respetivamente, a braço direito (*right arm*), braço esquerdo (*left arm*), perna direita (*right leg*) e perna esquerda (*left leg*) (Adaptado de [16]).

À medida que diferentes áreas do tecido muscular cardíaco sofrem ondas de despolarização e repolarização, os potenciais criam uma visualização da atividade interna, ao longo dos três leads de ECG que formam o triângulo idealizado na superfície da pele. O termo “*lead*” refere-se ao conjunto de dois elétrodos diferenciais colocados sobre o coração de forma a obter uma perspetiva de um traço único de ECG [16].

Importa referir que o nó RL é definido como um potencial de referência do sistema de medição, para estabelecer um nível de modo comum para todas os *leads* diferenciais. Os próprios *leads* são designados por Lead-I, Lead-II e Lead-III e o sinal de cada um deles não é mais do que a medição da diferença de voltagem (V) entre dois elétrodos como mostram as seguintes equações:

$$V_I = (V_{LA} - V_{RL}) - (V_{RA} - V_{RL}) \quad (2.1)$$

$$V_I = (V_{LL} - V_{RL}) - (V_{RA} - V_{RL}) \quad (2.2)$$

$$V_I = (V_{LL} - V_{RL}) - (V_{LA} - V_{RL}) \quad (2.3)$$

Apesar da sua simplicidade, o ECG é uma excelente ferramenta de diagnóstico. Com as constantes pesquisas na área, o número de elétrodos utilizados foi aumentando de forma a aumentar a precisão do ECG, existindo nos dias de hoje sistemas compostos por 12 e 15 *leads*.

Os diferentes estados emocionais de um indivíduo influenciam as atividades fisiológicas humana através, por exemplo, de alterações provocadas pelo sistema nervoso autônomo (ANS) na tensão dos músculos, na respiração e na frequência cardíaca [18]. Assim, apesar de ser maioritariamente utilizado para a detecção de doenças cardiovasculares, o ECG é também um indicador efetivo de diagnóstico de doenças de foro psicológico como *stress* ou depressão [19].

O traço habitualmente gerado pela atividade elétrica num ECG normal é representado na Figura 2.2, e cada batimento começa por produzir uma onda P que representa a despolarização auricular, de seguida ocorre a despolarização ventricular que forma o complexo QRS, e termina com a onda T que reflete a rápida polarização dos ventrículos [20]. A contagem de batimentos cardíacos por minuto pode ser realizada por identificação do número de complexos QRS numa amostra de ECG, através da detecção dos picos R, pelo que, quanto menor for o tempo entre dois picos R consecutivos, maior será o batimento cardíaco.

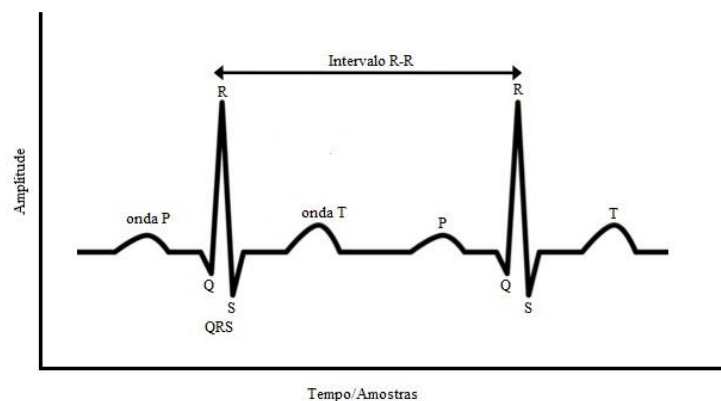


Figura 2.2 - Amostra de um sinal ECG (Adaptado de [20]).

O resultado de um ECG pode ser analisado segundo três tipos de abordagens: domínio temporal, domínio de frequência e domínio de tempo e frequência[21].

A análise no domínio temporal envolve normalmente a variabilidade da frequência cardíaca (HRV) que representa características como a frequência cardíaca, o intervalo de picos R-R, valor dos picos R, desvio padrão de intervalos entre batimentos normais (SDNN), a raiz quadrada do desvio padrão (RMSSD) e a percentagem de intervalos adjacentes que diferem mais 50 ms (pNN50). Quando realizada no domínio da frequência, a análise é feita de forma espectral através de métodos como a Densidade Espectral de Potência (PSD), que fornece informação sobre a distribuição da potência em função da frequência. Para domínios de tempo e frequência os métodos mais populares são o *Discrete Wavelet Transform* (DWT) e *Discrete Wavelet Packet Transform* (DWPT) que extraem características a partir de componentes do sinal de ECG de baixas frequências (LF - 0,04-0,15Hz) e de altas frequências

(HF - 0,16-0,4Hz), que representam a função do sistema nervoso parassimpático (SNP) e simpático (SNS) respetivamente [19].

Em pacientes com insuficiência cardíaca crónica ou com enfarte agudo do miocárdio é aceite que a melhor informação de prognóstico é fornecida por dois parâmetros do domínio temporal, nomeadamente o SDNN e o pNN50 [22].

2.1.2 - Fatores que afetam o batimento cardíaco

O batimento cardíaco é um sinal vital do ser humano que está longe de ser constante. Desde logo o estado emocional de um indivíduo tem influência direta no ritmo do seu coração, uma vez que, por exemplo, o batimento cardíaco de um indivíduo adulto saudável varia entre 60 a 90 batimentos por minuto (bpm) [23] contudo, se estiver perante uma situação de emergência ou *stress*, o sistema nervoso central ao ser o responsável pela resposta “lutar o fugir”, acelerará o batimento cardíaco [24]. No final da situação de *stress*, a ação do sistema nervoso periférico levará ao abrandamento do batimento cardíaco, gerando menos batimentos por minuto [24].

Para além dos fatores emocionais, as alterações fisiológicas como a variação da temperatura corporal ou do nível de hidratação levam a alterações no batimento cardíaco provocadas pela variação da intensidade dos fluxos sanguíneos com vista à manutenção homeostasia do corpo.

Os fatores ambientais desempenham também um papel ativo na regulação do batimento cardíaco. A temperatura ambiental ou a humidade relativa do ar são exemplos de fatores externos que estão diretamente relacionados com a frequência cardíaca como é demonstrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Alterações no batimento cardíaco provocadas por diferentes tipos de stress.

Tipo de Stress	Alterações no batimento cardíaco	Explicação
Aumento da Temperatura Corporal	Aumento	O aumento da temperatura corporal originado por exercício físico, febre ou apenas pela temperatura ambiente, provoca alterações no sistema circulatório, acelerando o batimento cardíaco devido à necessidade de aumentar o fluxo sanguíneo para transferir maiores quantidades de calor para o exterior e assim arrefecer o corpo [25].
Humidade Relativa Elevada	Aumento	Com uma humidade relativa elevada a água demora mais tempo para evaporar. Dado que o corpo humano recorre à evaporação do suor para arrefecer a temperatura corporal, em ambientes altamente húmidos o suor não vai evaporar, o corpo vai aquecer e o batimento cardíaco vai acelerar [26].
Elevada Saturação de Oxigénio no Sangue	Diminuição	Com o aumento da concentração de oxigénio no sangue, influenciado por ambientes com elevadas percentagens de oxigénio, é verificada uma diminuição do batimento cardíaco, uma vez que menores quantidades de sangue são suficientes para suprir as necessidades de oxigénio do organismo [27].
Altitude Elevada	Aumento	Em altitudes elevadas o ar é normalmente rarefeito o que leva a que haja menos oxigénio disponível, levando a uma diminuição da pressão arterial, compensada pelo aumento do batimento cardíaco [28].

2.2 - Smartphones e aplicações móveis para ECG

A área da computação móvel sofreu um grande crescimento com a elevada penetração no mercado de dispositivos móveis inteligentes também conhecidos por *smartphones* [29]. O facto destes dispositivos funcionarem à base de aplicações independentes que podem ser desenvolvidas e facilmente lançadas em lojas virtuais por entidades unipessoais, tem suscitado um grande interesse que, por sua vez, tem conduzido ao aparecimento constante de mais e melhores aplicações, recorrendo-se por vezes a dispositivos externos, também conhecidos por “*appcessories*”, para melhorar o desempenho de uma aplicação. Ainda assim, o sucesso de cada aplicação depende do sistema operativo em que é desenvolvida pois isso vai determinar o número máximo de dispositivos em que a aplicação poderá funcionar.

De seguida será analisada a penetração no mercado e influência dos *smartphones* na vida das pessoas, desde a sua criação. Será feito um levantamento da influência dos sistemas operativos existentes e do tipo de sensores presentes em dispositivos móveis. Posteriormente, serão analisados alguns dos sensores vestíveis de ECG presentes no mercado, sendo feito posteriormente um levantamento das aplicações móveis já desenvolvidas para recolher o ECG do utilizador.

2.2.1 - Smartphones

O aparecimento no final do século XX dos telemóveis veio mudar completamente o quotidiano das pessoas levando a alterações comportamentais profundas na sociedade, sobretudo no que toca à forma das pessoas se relacionarem. Num período inferior a 20 anos os telemóveis sofreram alterações profundas em termos de dimensões, mas sobretudo ao nível de funcionalidades como é demonstrado pela Figura 2.3.



Figura 2.3 - Evolução das funcionalidades dos telemóveis (Adaptado de [3]).

A evolução de telemóveis básicos para dispositivos móveis inteligentes (*smartphones*) mudou completamente o paradigma da comunicação. Os telemóveis atualmente podem ser vistos como mais do que meros dispositivos de comunicação, pois para além de terem removido barreiras geográficas, estão na vanguarda de uma mudança cultural onde os seus

usuários são encorajados a procurar constantemente nova informação e estabelecer novas conexões com conteúdos cada vez mais dispersos [7].

Atualmente, sobretudo em países industrializados, cada pessoa tem pelo menos um telemóvel. Em 2013 o número total de subscrições de telemóveis, a nível mundial, era de cerca de 6,6 biliões, enquanto que o número total de subscritores é inferior, situando-se na ordem dos 4,5 biliões. No final de 2019, é expectável que o número de subscrições de telemóvel atinja os 9,3 biliões [30].

Apesar da maior parte das subscrições de telemóvel corresponderem a dispositivos básicos, o aumento de subscrições nos últimos anos deve-se sobretudo à aquisição de tecnologia móvel “inteligente” ou *smartphones*. O aparecimento destes dispositivos constitui uma das maiores histórias de sucesso dos últimos anos, uma vez que, num período de tempo relativamente curto, conseguiu penetrar de forma significativa na sociedade, atraindo um espectro de subscritores de todas as idades, desde crianças até cidadãos idosos [7].

A nível mundial a aquisição de *smartphones* constituiu 55% das vendas totais de telemóveis em 2013 e é esperado que entre 2013 e 2019 o número total de subscrições de *smartphones* passe de 1,9 biliões para 5,6 biliões [30]. O gráfico abaixo (Figura 2.4) ilustra a grande evolução da percentagem de subscrições de *smartphones* em Portugal, no espaço de um ano, entre 2012 e 2013.

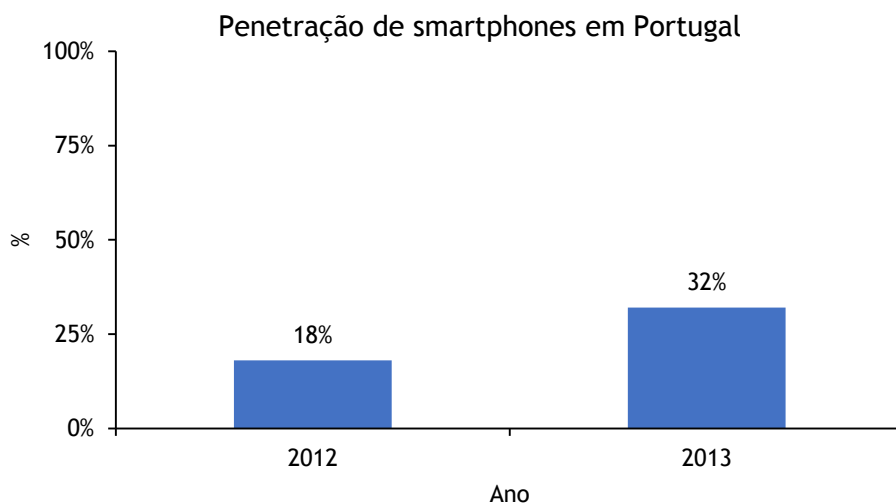


Figura 2.4 - Evolução da percentagem de subscrições de *smartphones* em Portugal entre 2012 e 2013 (Adaptado de [31]).

O principal fator por trás deste sucesso é o facto dos *smartphones* integrarem num só dispositivo parâmetros como mobilidade, poder computacional e interação amigável, sendo mesmo considerados como verdadeiros “computadores de bolso” [32].

Estes dispositivos funcionam à base de aplicações móveis ou “apps” que podem ser definidas como um *software* de função específica/limitada desenhadas para correr em dispositivos móveis, como *smartphones* ou *tablets* [33]. Estas consistem em complementos puramente de *software* que utilizam as capacidades de hardware existentes no dispositivo, que incluem normalmente ecrãs táteis de alta resolução, unidades centrais de processamento (CPUs) potentes, altifalantes e microfones, acelerómetros de 3 eixos, Sistema Global de Posicionamento (GPS), e conectividade de dados sem fios como *Wi-Fi* e *Bluetooth* [16]. O potencial para a criação de aplicações móveis simples e de fácil acesso, tem criado uma nova

e vibrante indústria. Só em 2012 houve mais de 40 mil milhões de *downloads* de aplicações para *smartphones*, prevendo-se que em 2016 este número atinja os 300 mil milhões [34].

Apesar de quando comparados com computadores *laptop*, os *smartphones* apresentarem menor capacidade de processamento e armazenamento, a diferença de tamanho e portabilidade acaba por compensar estes problemas. Ainda assim, há abordagens estabelecidas que procuram contornar as limitações de *smartphones* em relação a *laptops*. Uma delas envolve perceber os requisitos essenciais às atividades das aplicações e definir alvos de desempenho apropriados que as vão suportar [30]. Outra passa pela utilização de recursos computacionais como uma “*cloud*” com o intuito de evitar as restrições de velocidade de processamento e os requisitos de memória, dado tratar-se de um ambiente externo ao dispositivo [7].

2.2.2 - Escolha do sistema operativo

As aplicações móveis dos *smartphones* são desenvolvidas para correrem num sistema operativo próprio do dispositivo, pelo que a primeira fase de planeamento da aplicação passa pela seleção desse mesmo sistema operativo. Atualmente no panorama das tecnologias móveis há um leque de pouco mais de cinco sistemas operativos, havendo dois que se destacam: o Android e o iOS. No entanto, no que toca à percentagem de vendas de dispositivos móveis, o Android tem destronado a concorrência como é possível verificar no gráfico da Figura 2.5.

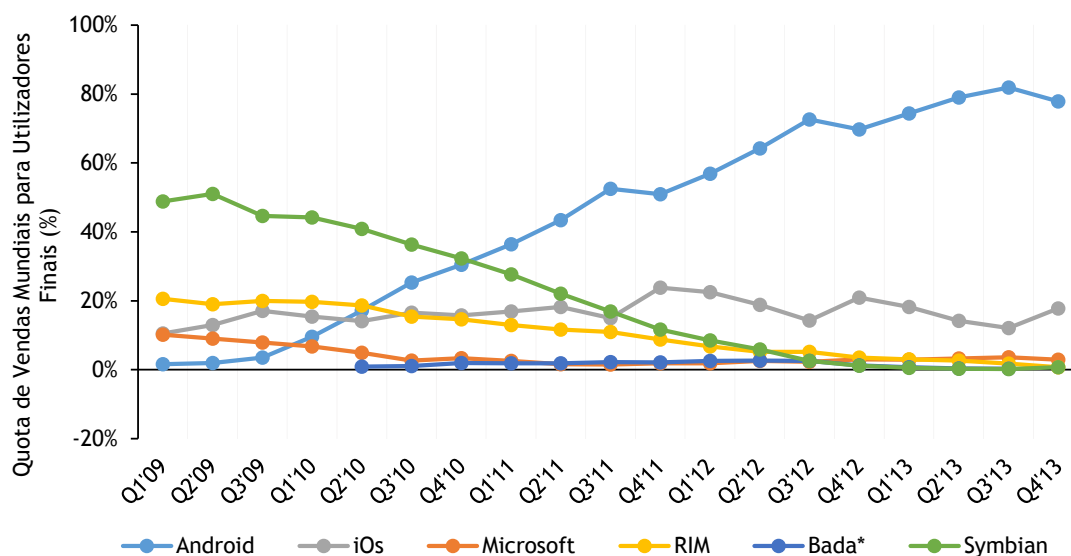


Figura 2.5 - Evolução da percentagem de mercado em sistemas operativos móveis de 2009 a 2013 (Adaptado de [35]).

O Android foi criado em 2008 fruto de uma colaboração entre a Google e a Open Handset Alliance, tratando-se de um sistema operativo baseado em Linux desenhado principalmente para dispositivos táteis, como *smartphones* ou *tablets*. É um sistema *open-source* que a Google disponibiliza sob a licença Apache permitindo assim que o *software* seja modificado livremente e distribuído pelas empresas que fabricam os dispositivos, operadoras telefónicas e também pelos programadores [36]. As aplicações são desenvolvidas em linguagem Java e têm grande liberdade de acesso às funcionalidades do sistema.

Atualmente este sistema operativo suporta mais de metade dos *smartphones* em todo o mundo, não se esperando grandes alterações nesse cenário, como mostra o gráfico seguinte (Figura 2.6), o que levou a que também fosse escolhido como a plataforma ideal para o desenvolvimento do módulo agregador e da aplicação móvel apresentada nesta dissertação.

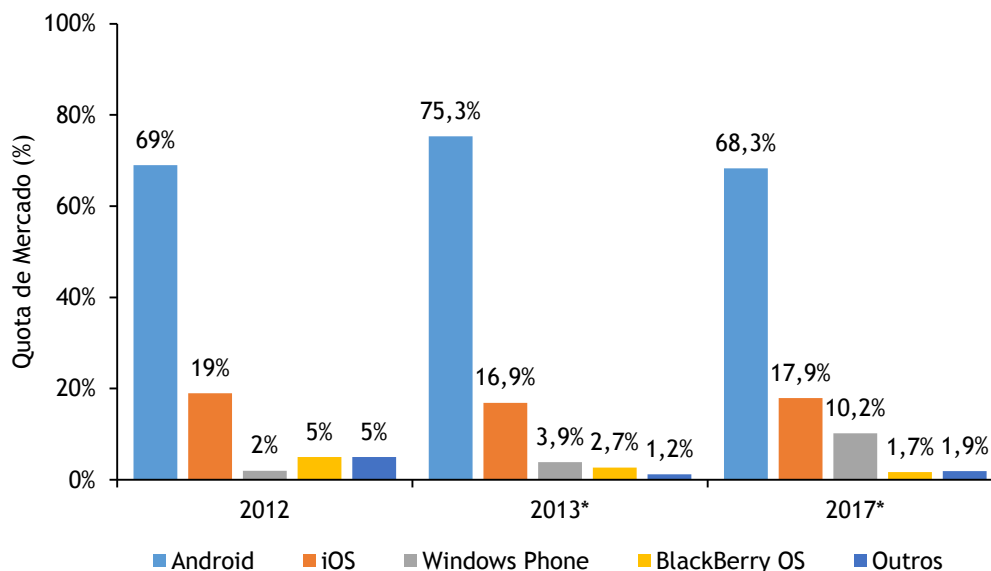


Figura 2.6 - Percentagem de mercado de sistemas operativos móveis (adaptado de [37]).

2.2.3 - Sensores presentes em *smartphones*

Nos dias que correm os *smartphones* têm uma influência enorme no dia-a-dia das pessoas, pois incorporam as funções básicas dos telemóveis (fazer chamadas e trocar mensagens de texto (SMS)), possuem uma elevada conectividade e para além disso, este tipo dispositivos são uma ferramenta extremamente útil na perceção do ambiente em seu redor.

Uma das funções com maior utilidade dos *smartphones* é a capacidade de determinar a localização do seu utilizador, que tanto pode ser obtida diretamente a partir dos satélites (GPS), como pode ser derivada de pontos de acesso de informação *Wi-fi* ou da localização de torres de comunicação móvel (sistema menos preciso). Além desta funcionalidade, os *smartphones* atualmente podem incorporar um alargado número de sensores capazes de captar informação de movimento, posição ou ambiente exterior.

Uma vez que para esta dissertação o objetivo passa pelo desenvolvimento de um módulo para a plataforma Android, que inclua a informação recolhida pelos sensores presentes num *smartphone*, é apresentado na Figura 2.7 o conjunto de sensores disponibilizados por este sistema operativo, para o desenvolvimento de aplicações de interesse neste sistema operativo.

Sensores de Movimento	Sensores Ambientais	Sensores de Posição
<ul style="list-style-type: none"> • Acelerómetro • Giroscópico • Sensor de gravidade • Sensor de vetor rotacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores de temperatura ambiente • Pressão Atmosférica • Humidade relativa do ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetómetro • Sensor de orientação

Figura 2.7 - Conjunto de sensores presente em dispositivos Android, divididos de acordo com a sua função (Adaptado de [38]).

Apesar um smartphone poder incluir atualmente um elevado número de sensores, a quantidade, qualidade e tipo de sensores presentes num dispositivo Android é variável, uma vez que tratando-se de uma plataforma *open-source* permite que vários fabricantes produzam *smartphones* com este sistema operativo. Assim, os componentes e sensores presentes nestes smartphones ficam à responsabilidade de cada fabricante, o que por sua vez faz com que o tipo e qualidade dos sensores utilizados não seja constante, podendo condicionar a performance da mesma aplicação em dispositivos diferentes. Para além disso, para o fabrico de *smartphones* mais acessíveis é necessário por vezes abdicar de sensores e/ou componentes mais dispendiosos.

2.2.4 - Sensores vestíveis de ECG

Grande parte das aplicações móveis focadas na monitorização da atividade cardíaca recorrem a dispositivos externos capazes de recolher o ECG do utilizador. Apesar dos sensores de ECG já existirem há bastantes anos, estavam até há relativamente pouco tempo associados a máquinas de grande porte, com muitos fios e extremamente dispendiosas para poderem ser utilizadas fora do ambiente hospitalar. Contudo, ultimamente com os avanços tecnológicos este tipo de dispositivos têm-se tornado cada vez mais acessíveis ao público através de sistemas mais baratos, discretos, vestíveis e prontos a utilizar [39].

Nesta secção serão descritos alguns dos sensores vestíveis existentes no mercado capazes de providenciar uma monitorização remota do sinal de ECG sem custos elevados sendo também possível emparelha-los com *smartphones*.

2.2.4.1- Zephyr HxM®

O Zephyr HxM® (Figura 2.8) é um sensor de monitorização de sinais vitais, incorporado numa cinta adaptável ao corpo da pessoa, e que funciona através de Bluetooth. Este dispositivo permite a leitura do batimento cardíaco, velocidade e distância percorrida. Tendo sido desenvolvido pela Zephyr, vem com um *Software Development Kit* (SDK) que permite a criação de aplicações compatíveis com o dispositivo [36].



Figura 2.8 - Cinta Zephyr HxM® (Adaptado de [40]).

2.2.4.2- Sensaris ZaoPod

O Sensaris ZaoPod (Figura 2.9) é um dispositivo de comunicação sem fios, tanto *Bluetooth* como *Wi-Fi*, desenvolvido pela Sensaris e construído a pensar em aplicações na área da m-Health. Permite a monitorização de sinais vitais através da leitura de valores como batimento cardíaco, oximetria, pressão arterial, temperatura e glicose. Vem com um manual de configuração e uma Interface de Programação de Aplicações (API) grátis [41].



Figura 2.9 - Sensaris ZaoPod (adaptado de [41]).

2.2.4.3- hWear™

A camisola hWear™ (Figura 2.10) desenvolvida pela empresa israelita Health Watch Technologies LTD, permite a aquisição de batimento cardíaco, pressão sanguínea e deteção de irregularidades cardíacas de forma remota e confortável para o utilizador. Este dispositivo foi desenvolvido para funcionar em conjunto com o leitor HealthWatch's MasterCaution, que permite o envio de alertas em tempo real tanto para médicos como pacientes em caso de eventos como arritmias, isquemias, anormalidades respiratórias e imobilidade prolongada [42].



Figura 2.10 - Camisola *hWear™* (Adaptado de [43]).

2.2.4.4- Vital Jacket®

Desenvolvido pela empresa portuguesa Biodevices S.A., o VitalJacket® (VJ) é uma *t-shirt* capaz de monitorizar sinais vitais. Este dispositivo (Figura 2.11) agrega um conjunto de tecnologias vestíveis não intrusivas, combinando assim o têxtil com a microeletrónica de forma a proporcionar dados fisiológicos fiáveis para desporto e cenários clínicos e de emergência. O VJ permite a aquisição de dados individuais como o ECG e atividade física (acelerómetro de 3 eixos), possibilitando também guardar os dados num cartão *Secure Digital* (SD) e/ou transmitir os dados em tempo real para dispositivos móveis ou fixos via *Bluetooth* [32], o que levou à escolha desta camisola para ser o dispositivo externo de recolha de ECG no âmbito desta dissertação.

Para os utilizadores do VJ, a Biodevices S.A. disponibiliza ferramentas para diferentes plataformas para permitir o acompanhamento das monitorizações realizadas. Além de uma ferramenta de análise do ECG em MatLab®, é disponibilizado o programa ECGTool para Windows e um SDK para a criação de aplicações móveis.



Figura 2.11 - Kit VitalJacket® (Adaptado de [44]).

O ECG Tool (Figura 2.12) é uma aplicação para *Windows* desenvolvida pela Biodevices S.A. com o intuito de permitir aos utilizadores do VJ efetuarem a monitorização da sua atividade cardíaca. Através deste *software* é possível segundo [45]:

- Procurar dispositivos VJ;
- Estabelecer conexão com um VJ;
- Recolher dados adquiridos a partir do VJ:
 - Dados de ECG;
 - Dados do acelerómetro 3D;
 - Nível de bateria;
 - Recolher ou mudar *Real Time Code* (RTC) do VJ;
 - Eventos *pushbutton*;
 - Estado do cartão SD
- Enviar *radio events* para o VJ;
- Obter a identidade (ID) do Vj;
- Exportar informação R-R;
- Converter dados EEG para formato binário;



Figura 2.12 - Interface gráfica da aplicação ECGTool (Adaptado de [45]).

Este tipo de funcionalidades fazem parte dos requisitos a incorporar no módulo desenvolvido para esta dissertação, sendo por isso uma importante referência para o trabalho aqui apresentado.

2.2.5 - Sistemas móveis de recolha ECG

Só no Google Play há mais de 250 aplicações para dispositivos Android que se focam na área da saúde e bem-estar. Dentro destas há aplicações com diferentes propósitos, nomeadamente aplicações médicas, saúde e *fitness*, educação, estilo de vida, livros e referências [46]. Muitas destas aplicações dependem de *appcessories* para recolher sinais vitais com elevada precisão, como sensores de ECG ou oxímetros.

Estando disponíveis diversas no mercado diversas aplicações que se focam na medição do batimento cardíaco sem recorrer a sensores externos, através por exemplo da análise do fluxo de sangue na ponta de um dedo, as mesmas para além de não recolherem o ECG, são pouco precisas ao nível dos batimentos recolhidos, pelo que não serão aqui citadas.

Assim, nesta secção serão expostos alguns sistemas de monitorização remota existentes ou em fase de desenvolvimento que recorrem a aplicações móveis para recolher o ECG de utilizadores e fornecer uma análise da informação recolhida ao próprio utilizador e/ou a uma central de cuidados médicos.

2.2.5.1- eCAALYX

O *Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment* (eCAALYX) tem como objectivo desenvolver um sistema remoto de monitorização de pessoas idosas com doenças crónicas [7]. Este projecto financiado pela União Europeia (UE) recorre a uma aplicação móvel para servir de interface com os idosos e tem uma arquitetura (Figura 2.13) que lhe confere as seguintes funcionalidades:

- Actuar como um intermediário “informado” perfeito entre os sensores de sinais vitais vestíveis usados pelas pessoas idosas e o *site* da Internet dos profissionais de saúde;
- Reportar alertas e medições obtidas a partir dos sensores e da localização geográfica do utilizador (através do GPS do *smartphone*);
- Processar dados obtidos pelo sensor para identificar informações de nível superior, incluindo anomalias fáceis de detectar como taquicardia e sinais de infecções respiratórias, com base no conhecimento médico estabelecido;
- Acessibilidade da interface do utilizador para permitir ao utilizador avaliar os detalhes médicos mais recentes obtidos a partir dos sensores, realizar novas medições e comunicar com profissionais de saúde [7].

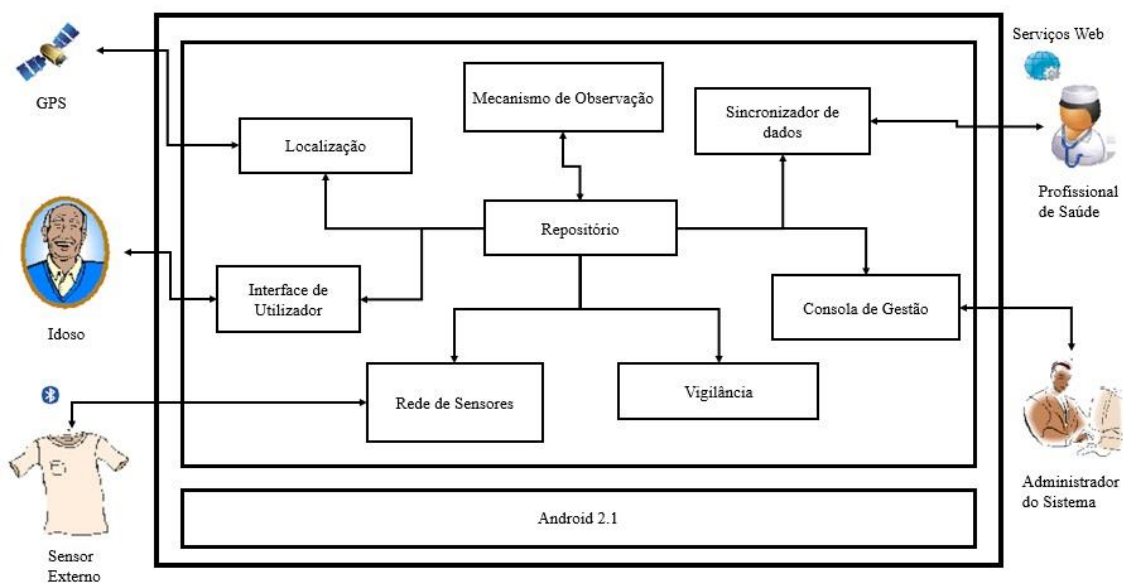


Figura 2.13 - Arquitetura da plataforma móvel eCAALYX (Adaptado de [7]).

2.2.5.2- Sistema para análise da variabilidade da frequência cardíaca para condutores de veículos (SAHRVCV)

Recentemente foi levado a cabo um estudo para desenvolver um sistema portátil que conjuga um *smartphone* e um medidor de ECG portátil e de baixo custo para a gravação contínua de dados de ECG de condutores de veículos de forma a analisar a sua variabilidade da frequência cardíaca (HRV) [47]. A aplicação móvel desenvolvida para este sistema recolhe o ECG do utilizador e envia para uma *cloud* que armazena e analisa os dados recebidos (Figura 2.14). Sinteticamente, esta *cloud* funciona como um centro de computação do sistema que:

- Processa os dados do ECG e realiza uma análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio da frequência e do tempo;
- Consegue detetar anormalidades no sinal do ECG;
- Notifica o utilizador da anormalidade ou pode também chamar uma ambulância se necessário (através do sistema de localização do *smartphone*).

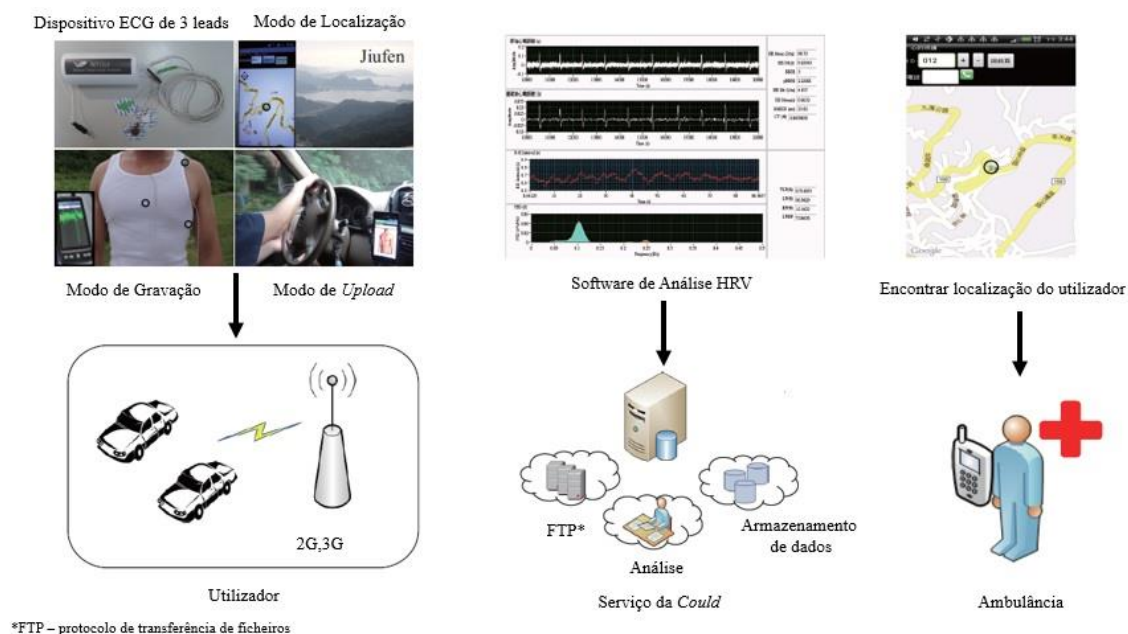


Figura 2.14 - Arquitetura do sistema portátil de análise da variabilidade da frequência cardíaca para condutores de veículos (Adaptado de [47]).

2.2.5.3- PhysioDroid

O PhysioDroid é um sistema ubíquo avançado para a monitorização remota e contínua do estado fisiológico e comportamental dos utilizadores [48].

Este sistema baseia-se na combinação de sensores portáteis, capazes de medir dados fisiológicos e comportamentais, com dispositivos móveis (*smartphone*) responsáveis pela recolha e envio da informação para um sistema de armazenamento, que providencia serviços de saúde avançados baseados na análise de dados médicos de múltiplos utilizadores.

Como é possível verificar na Figura 2.15, o PhysioDroid é constituído por:

- Um dispositivo de monitorização vestível capaz de registar diferentes tipos de sinais fisiológicos (ECG, respiração, movimento (através de acelerómetros) e temperatura corporal);
- Um dispositivo móvel (ex. *smartphone*) onde corre a aplicação que atua como coletor de dados transmitidos pelo sensor externo, como sistema de apoio a alertas de saúde de diagnóstico médico, como interface para observação dos dados pelo usuário e como portal de troca de dados com um armazenamento remoto para análises posteriores;
- Um sistema remoto de armazenamento persistente para guardar dados de diferentes utilizadores, especialmente concebido para dar suporte a serviços e análises de saúde.

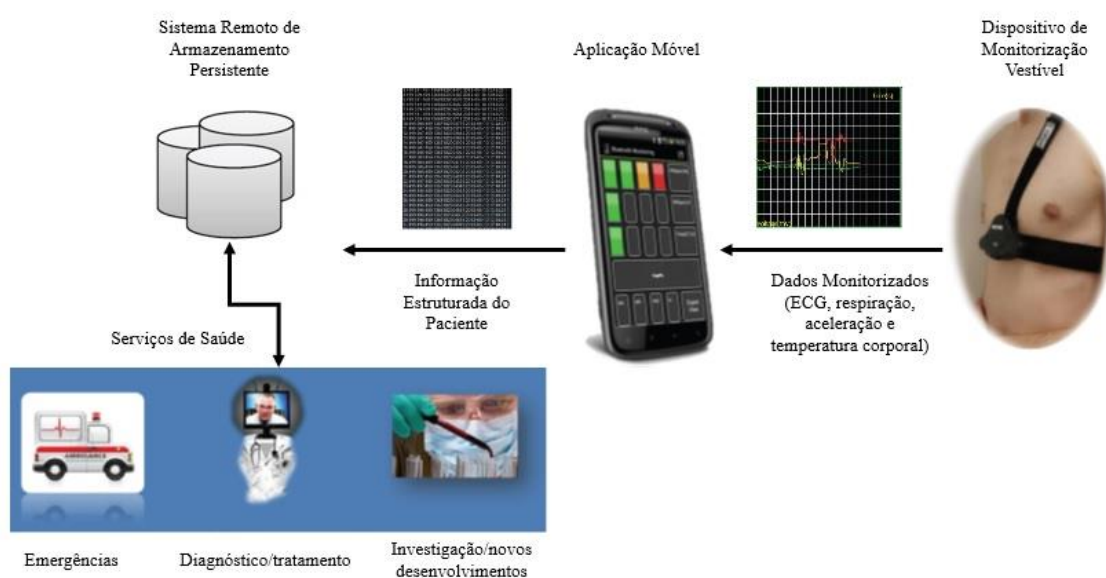


Figura 2.15 - Constituição do sistema PhysioDroid (Adaptado de [48]).

2.2.5.4- DroidJacket

A *DroidJacket* é uma aplicação Android para *smartphones* (Figura 2.16) resultante de um projecto levado a cabo pelo Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro (IEETA)/Universidade de Aveiro e diversos parceiros, que recolhe sinais vitais como o ECG de profissionais de risco (bombeiros) e retransmite para clientes externos [32].

Esta aplicação, através do emparelhamento com um sensor externo (VitalJacket®), é capaz de processar os dados de ECG que recebe e extrair a informação da pulsação e as características de batimentos cardíacos individuais para auxiliar um detetor simples de arritmias [32].

No cerne da *DroidJacket* está uma *framework* modular, de nome BIOSal, e que é responsável pela transmissão e tratamento dos dados, recorrendo para isso a 4 tipos principais de *plugins*:

- *DataSources*: abstrai e suporta uma conexão simples com o provedor de dados, encapsulando a complexidade da conexão para fora do sistema;
- *Parsers*: permite a análise de dados, onde cada analisador (*parser*) tem de lidar com o tipo de dados do fluxo de entrada genérico;
- Processadores: são responsáveis por lidar e executar algoritmos de processamento. Podem ser especializados dependendo do tipo de dados de entrada;
- Alarmes: analisa os dados recebidos e processados e através de condições bem definidas para reconhecimento de eventos, são capazes de detetar eventos específicos e notificar o utilizador ou observadores interessados.



Figura 2.16 - Ecrãs da aplicação DroidJacket: a) ecrã inicial, b) ecrã inicial com o botão do menu inicial premido, c) ecrã com monitorização do ECG (adaptado de [32]).

2.2.5.5- AliveCor Mobile ECG

O AliveCor Mobile ECG é um sistema de aquisição de ECG devidamente certificado pela FDA, composto por uma aplicação móvel “AliveECG” desenvolvida para os sistemas operativos Android e iOS, que está associada a um dispositivo incorporado em capas para *smartphones* que permite recolher o ECG dos seus utilizadores [49]. Este dispositivo é bastante simples e portátil, sendo composto por dois eléctrodos, que ao serem pressionados pelos dedos do utilizadores, conseguem recolher o ECG e transmiti-lo para a aplicação [49]. A AliveECG é então capaz de monitorizar em tempo real o ECG recebido, processar o sinal obtido de forma a detetar anormalidades como fibrilhação auricular, e uma vez terminado o exame permite a sua gravação e o envio de sinais de ECG para profissionais de saúde.

Outro aspeto interessante desta aplicação é o fato de permitir criar notas relativamente ao tipo de dieta, atividade física e medicação do seu utilizador.



Figura 2.17 - Sistema AliveCor Mobile ECG composto por sensor de ECG na capa e aplicação móvel que realiza a monitorização do sinal obtido (Adaptado de [50]).

2.3 - Conclusão

Após a pesquisa efetuada para este capítulo é possível verificar que o sinal elétrico emitido pelo coração e registado através do ECG, pode ser uma ferramenta extremamente útil para a deteção de doenças ou irregularidades da atividade cardíaca. Para a análise do ECG ou da variação do batimento cardíaco de uma pessoa é importante ter em conta o ambiente à volta do exame efetuado, uma vez que os fatores ambientais e comportamentais provocam alterações na atividade cardíaca.

Com o aparecimento dos *smartphones* todos os ramos da sociedade têm sofrido alterações, e no caso da saúde os sistemas de monitorização remota de sinais vitais têm tido uma forte expansão. Estando cada vez mais acessíveis tanto os *smartphones* como dispositivos vestíveis de recolha de ECG, os sistemas que visam proporcionar uma monitorização de ECG fora do ambiente hospitalar, têm sofrido uma forte expansão.

No entanto, havendo sistemas mais complexos do que outros, é possível verificar que nenhum deles tem em conta os efeitos de alterações das condições ambientais e/ou da atividade do utilizador durante o exame, capazes de justificar possíveis variações verificadas no comportamento do coração. Tendo em conta a influência de fatores externos na atividade normal de sinais vitais, o módulo desenvolvido no âmbito desta dissertação tem precisamente o objetivo de suprir esta lacuna dos sistemas existentes, de forma a possibilitar a criação de sistemas de monitorização capazes de estabelecer uma relação direta entre possíveis alterações nos sinais vitais monitorizados, como o batimento cardíaco, com as mudanças no meio em redor da monitorização.

Capítulo 3

VitalX: Um módulo e uma aplicação móvel de demonstração

O tema desta dissertação envolve o desenvolvimento de um módulo capaz de sincronizar os dados recolhidos pelos sensores presentes num *smartphone* e pelos sensores presentes em dispositivos externos, de forma a assim poder estabelecer uma relação entre os sinais vitais adquiridos e as alterações ambientais e comportamentais do indivíduo testado durante a monitorização. Uma vez que este tema se encontra inserido no projeto VitalLogger, será feita neste capítulo uma descrição desse projeto. De seguida, serão expostos os requisitos necessários ao desenvolvimento do módulo agregador e da sua aplicação móvel de demonstração, sendo feita uma análise dos mesmos. Posteriormente é apresentado o fluxo de atividades constituintes da aplicação de demonstração e os protótipos exploratórios dos ecrãs da aplicação de acordo com o fluxo desenvolvido. Será apresentada, então, a arquitetura do módulo agregador de sensores de *smartphone* e de dispositivos externos, que serve de base para esta dissertação. Por fim, serão expostos os *layouts* criados e os detalhes da implementação da aplicação de demonstração desenvolvida, tendo em conta a necessidade de comprovar a funcionalidade do módulo proposto.

3.1 - Projeto VitalLogger

Como referido no início desta dissertação, o projeto VitalLogger tem como objetivo criar um sistema de monitorização de sinais vitais completo, através do melhoramento da camisola VitalJacket® (VJ) com a incorporação de novos sensores e a agregação dos dados obtidos pelo VJ com a informação recolhida por outros dispositivos incluindo os *smartphones*.

Analisando a Figura 3.1 é possível verificar que a arquitetura da plataforma do VitalLogger é constituída por três componentes principais:

- Incorporação de novos sensores e programação *firmware* de baixo nível (retângulo roxo);
- Programação de *firmware* de alto nível e desenvolvimento do SDK associado (retângulo verde);
- Agregação do SDK desenvolvido com os SDKs e APIs adicionais de outros sensores (incluindo os do *smartphone*) em ambiente Android (retângulo vermelho).

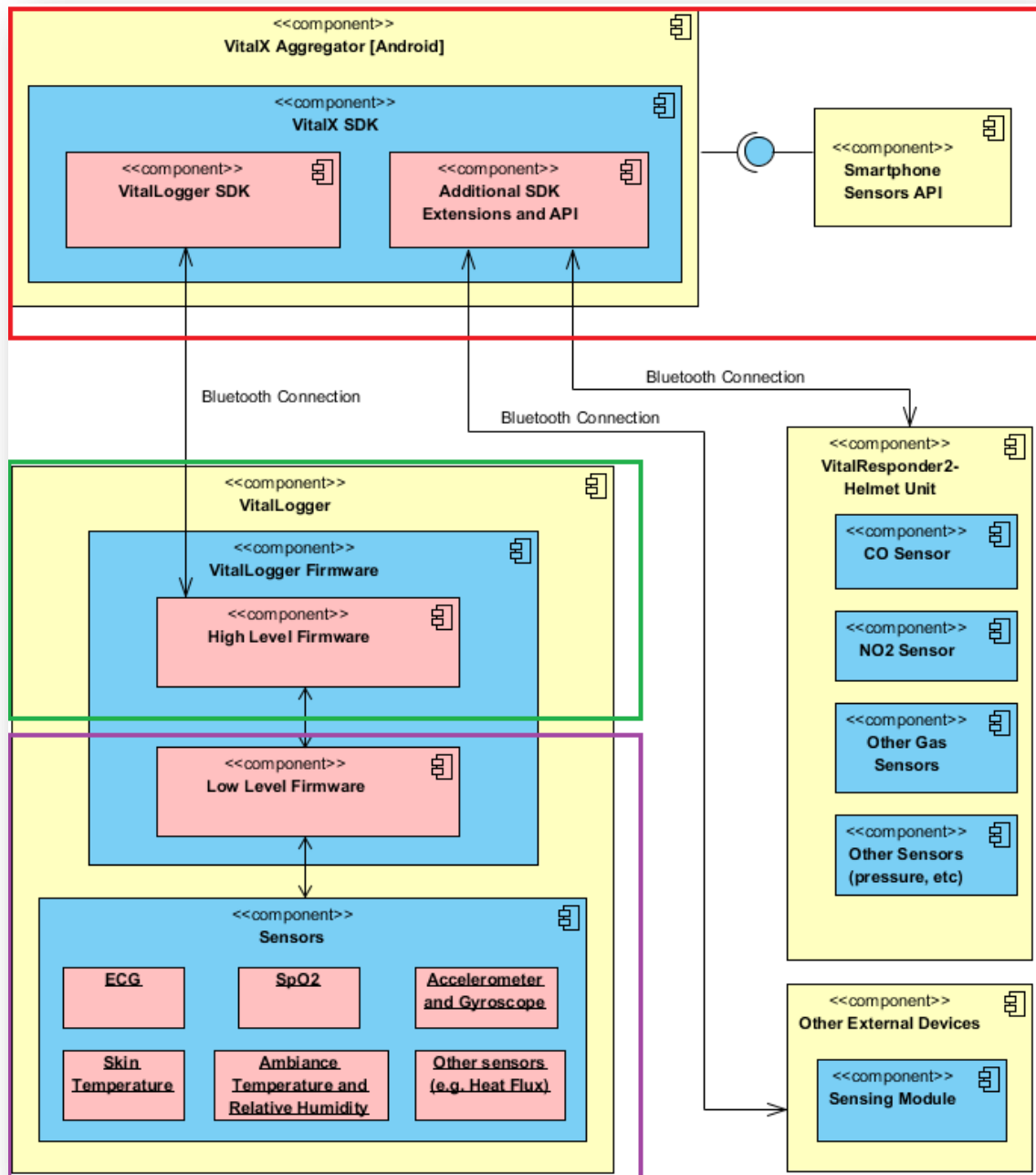


Figura 3.1 - Arquitetura da plataforma do VitalLogger. A área delimitada pelos retângulos roxo, verde e vermelho divide a plataforma VitalLogger em três componentes segundo o nível de programação necessário.

Os dois primeiros componentes do projeto VitalLogger foram desenvolvidos por outros dois estudantes do Mestrado Integrado em Bioengenharia do ramo de Engenharia Biomédica. No caso do primeiro (retângulo roxo), este componente visa o desenvolvimento de um protótipo passível de ser usado como uma tecnologia vestível, através da incorporação, programação e calibração de novos sensores no VJ. O segundo componente (retângulo verde) tem como objetivo estabelecer a ponte para a comunicação Bluetooth entre os dados recolhidos pelos sensores incorporados no VJ e o módulo agregador Android (terceiro componente), envolvendo programação de *firmware* de alto nível.

Por fim, o componente delineado pelo retângulo vermelho dá origem ao tema desta dissertação, e consiste no desenvolvimento de um módulo capaz de agregar em ambiente Android a informação recolhida por diferentes dispositivos externos, como o VJ (com os referidos melhoramentos), e os dados obtidos pelos sensores presentes num *smartphone*, permitindo ao utilizador seleccionar os sensores que deseja monitorizar. A esta parte do projeto atribuiu-se o nome “VitalX” por se tratar do desenvolvimento que visa a monitorização de sinais vitais associada a um vasto conjunto de sensores. O VitalX consiste assim num sistema capaz de agregar e relacionar a informação recolhida pelos diferentes sensores incorporados tanto em dispositivos externos como em *smartphones*, tendo por base por um módulo agregador para a criação de aplicações móveis na plataforma Android e uma aplicação de demonstração do módulo.

Nesta dissertação de forma a evitar algum tipo de confusão o módulo desenvolvido será tratado por “módulo agregador” e a aplicação de demonstração do módulo por “DemoApp”.

3.2 - Análise de requisitos

Para o desenvolvimento do módulo agregador e de uma aplicação móvel de demonstração (DemoApp) é fundamental conhecer os requisitos que devem ser cumpridos pelos dois. Por exemplo, na área da construção civil antes de se lançar a primeira pedra para a construção de um prédio, é imprescindível que um arquiteto desenhe aquilo que se pretende nesse prédio, faça as correções necessárias e só quando o *sketch* tiver ao agrado de todos os intervenientes, é que se dará então início à construção propriamente dita do edifício.

Na área da computação móvel a recolha de requisitos tem uma importância acrescida, sobretudo quando comparados com programas desenvolvidos para computadores *desktop* ou *laptops*. Por exemplo, 80% dos utilizadores do programa Microsoft Office Word utilizam apenas 20% das suas capacidades [51], o que para os seus desenvolvedores não constitui um grande problema pois para além de terem ao seu dispor uma interface grande para distribuir o elevado número de funcionalidades, a velocidade de processamento do computador não muito é afetada. No caso de uma aplicação móvel tal seria impossível, dado que tem de se adaptar a diversos tipos de dispositivos, com diferentes ecrãs, teclados ou poder de processamento, além de ter em conta os consumos de bateria e memória associados.

Assim, recorreu-se à ferramenta de UML Visual Paradigm para desenvolver um diagrama de Casos de Uso que é exposto na Figura 3.2, onde é possível identificar os requisitos fundamentais para desenvolvimento do módulo agregador e da sua aplicação de demonstração (DemoApp).

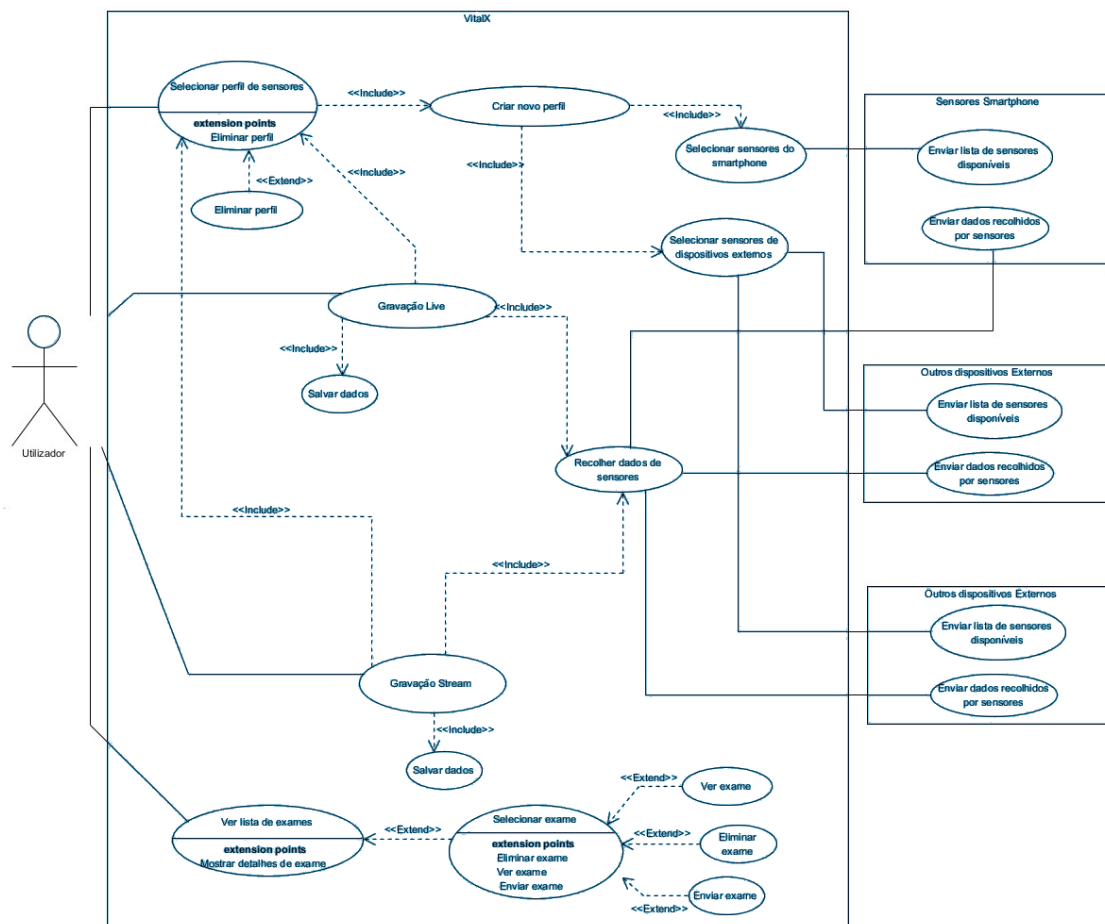


Figura 3.2 - Diagrama de Casos de Uso do projeto VitalX (Módulo agregador + DemoApp).

Relativamente ao módulo agregador este deve ser capaz de permitir a seleção de sensores presentes tanto no smartphone utilizado, como num dispositivo externo. Para além disso, este módulo deverá ser capaz de agregar os dados recolhidos pelos diferentes sensores selecionados e estabelecer uma relação temporal entre eles.

Para a aplicação de demonstração apenas será utilizado o VJ como dispositivo externo. Assim, o primeiro dos requisitos representados passa por permitir ao utilizador a criação ou eliminação de perfis de sensores que possibilite a seleção dos sensores presentes tanto no *smartphone* como no VJ.

O requisito seguinte é a monitorização dos valores recolhidos pelos diversos sensores pertencentes ao perfil escolhido. Este requisito é de grande importância pois para além da monitorização inerente, deverá incorporar as funcionalidades da ferramenta ECGTool, como o estabelecimento do RTC do dispositivo ou o registo de PushButtons a partir do VJ.

Aqui foram pensados dois tipos de aquisição que recorrem de igual forma ao módulo desenvolvido para aceder aos valores recolhidos pelos diferentes sensores, diferindo apenas na quantidade de informação apresentada na UI. No caso da aquisição em modo “live”, o utilizador pode verificar em tempo real as oscilações nos valores recolhidos, assim como ver a onda ECG de acordo com o batimento cardíaco do utilizador. De forma a se poder realizar uma aquisição menos pesada para o processamento do dispositivo, o utilizador pode efetuar a aquisição em modo “stream”, na qual a UI apresenta menos elementos e não sofre grandes alterações durante o processo de monitorização, o que permite também diminuir o consumo de bateria no processo.

Por fim, o utilizador deverá poder aceder às aquisições realizadas tanto em modo “live” como em “stream”, tendo a possibilidade de consultar os resultados, apagar a aquisição ou enviá-la, por exemplo, para um profissional de saúde.

3.3 - Fluxo de Atividades e Protótipos Exploratórios

Uma vez definidos os requisitos tanto do módulo agregador como da sua DemoApp, partiu-se para o planeamento da forma como o utilizador vai interatuar com a aplicação. Este passo é de grande importância na área da computação móvel pois a capacidade de resposta da aplicação é essencial para o sucesso da mesma e os utilizadores deste tipo de serviços esperam resultados imediatos às suas ações. Desta forma, procedeu-se à projeção da aplicação através elaboração de Diagramas de Atividades no programa *Visual Paradigm*, com o intuito de estabelecer o fluxo viável entre as diferentes atividades, e a criação de protótipos exploratórios utilizando a ferramenta *Pencil*, que obedecesse ao fluxo delineado pelos diagramas de atividades, garantindo que a experiência de utilização (UX) pensada é o mais agradável possível.

Uma vez que esta aplicação de demonstração encontra-se inserida no sistema “VitalX” do projeto VitalLogger, foi criado um logotipo e o lema “Connecting your Health”, tal como exposto na Figura 3.3, naquilo que será o primeiro ecrã da DemoApp.



Figura 3.3 - Ecrã inicial da DemoApp com logotipo e lema da aplicação.

A DemoApp, foi então projetada para que ao ser acedida, apresente um ecrã como o apresentado na Figura 3.3, e carregando em qualquer ponto do ecrã apareça um Menú Inicial (Figura 3.4a) com cinco botões correspondentes às cinco atividades principais desta aplicação, cujo fluxo é exposto na Figura 3.4b.

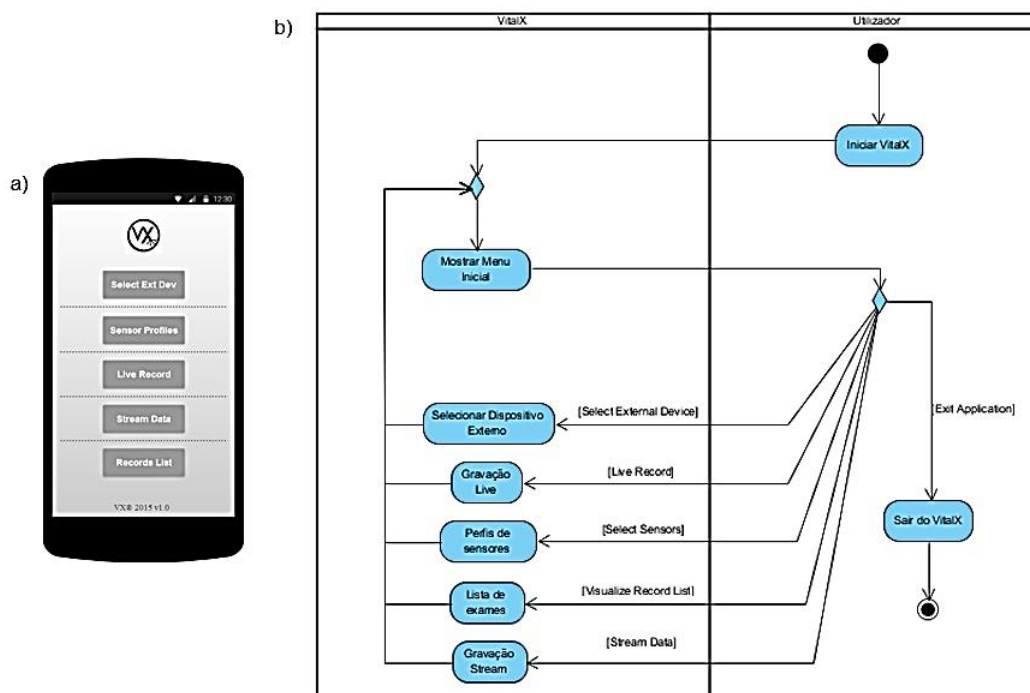


Figura 3.4 - a) Sketch do Menu Inicial da aplicação VitalX b) Fluxo de atividade do Menu Inicial da DemoApp.

Ao premir o botão “Connect with VJ” a aplicação abrirá uma atividade (Figura 3.5a) cujo intuito é o utilizador selecionar um dispositivo externo (neste caso um VJ) que caso não esteja, possa ser emparelhado com o *smartphone* para que se possa estabelecer a conexão entre os dois no momento da aquisição de dados. O fluxo desta atividade (Figura 3.5b) começa com o aparecimento de uma lista com os VJ’s emparelhados por Bluetooth com o dispositivo e o utilizador seleciona o VJ pretendido. O MacAddress do dispositivo selecionado é então registado e enviado para o Menu Principal após se premir o botão “Confirm”, para que se possa estabelecer a conexão entre o *smartphone* e o VJ no momento da aquisição.

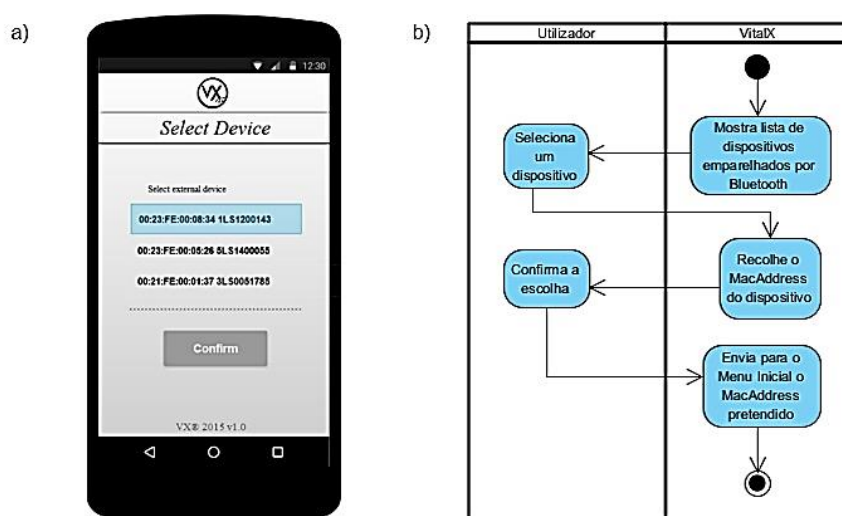


Figura 3.5 - a) Sketch da atividade de seleção do VJ pretendido, b) Fluxo de atividades para a seleção do VJ.

O botão “*Sensor Profiles*” do Menu Inicial dá início à atividade da gestão dos perfis de sensores criados pelo utilizador (Figura 3.6d). Nesta atividade, conforme esquematizado pelo fluxo representado na Figura 3.6a, o utilizador tem acesso à lista de perfis de sensores previamente criados, podendo verificar os sensores presentes em cada perfil, apagar um perfil indesejado ou criar um novo. Para a criação de um perfil novo é aberta uma nova atividade, onde o utilizador pode definir um nome para o novo perfil, tendo acesso a uma lista com todos os sensores presentes no *smartphone* e com os sensores presentes no VJ (Figura 3.6e). A escolha de sensores para um novo perfil é feita através de dois processos, conforme exposto na figura 3.6b para sensores do VJ e na figura 3.6c para sensores do próprio *smartphone*.

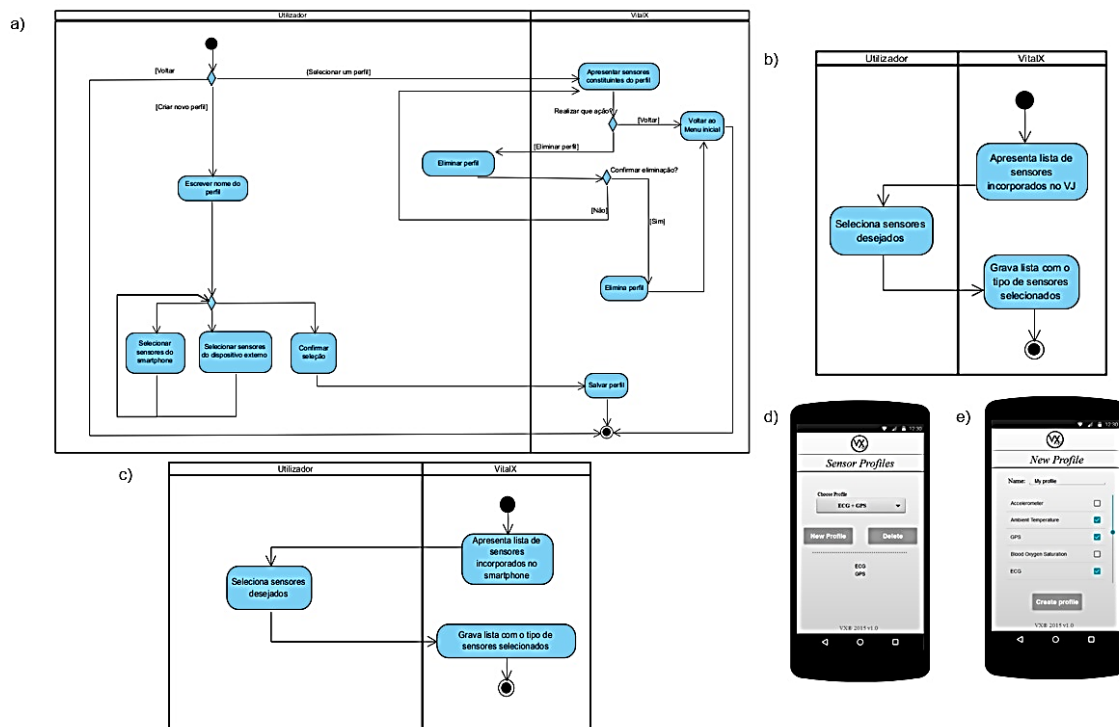


Figura 3.6 - a) Fluxo de atividades para a gestão de perfis; b) Fluxo de atividades para a seleção de sensores do VJ para a criação de um novo perfil; c) Fluxo de atividades para a seleção de sensores do smartphone para a criação de um novo perfil; d) Sketch da atividade de gestão de perfis; e) Sketch da atividade de criação de um novo perfil.

No Menu Inicial, ao carregar nos botões “*Live Record*” ou no “*Stream Data*” é despoletado o mesmo fluxo de atividades (Figura 3.7a), mas que depois, como referido anteriormente, vão apresentar diferentes UIs como é possível verificar nas Figuras 3.7b e 3.7c. Assim, o utilizador ao dar início à monitorização fará com que a aplicação estabeleça a conexão com o VJ selecionado através do MacAddress registado na atividade de seleção de dispositivos externos. Uma vez conectado com o VJ, os sensores da camisola e do *smartphone* começam a adquirir valores de acordo com o módulo de monitorização exposto anteriormente, sendo guardados pela aplicação, até o utilizador dar como terminada a aquisição. Durante a monitorização o utilizador caso sofra algum evento digno de realce poderá regista-lo através do botão “Set Radio Event” presente na própria aplicação ou através do botão presente no VJ. Caso esta monitorização seja levada a cabo pela atividade “*Live Record*” a aquisição dos dados de cada

sensor pode ser verificada em tempo real, caso seja através da “Stream Data”, os valores adquiridos só poderão ser consultados posteriormente. Tendo em conta que os diferentes sensores registam novos eventos em simultâneo, cada variação detetada por um sensor é gravada em ficheiro, registando os valores recolhidos associados ao tipo de sensor correspondente, de forma a se saber posteriormente a que sensor pertencem.

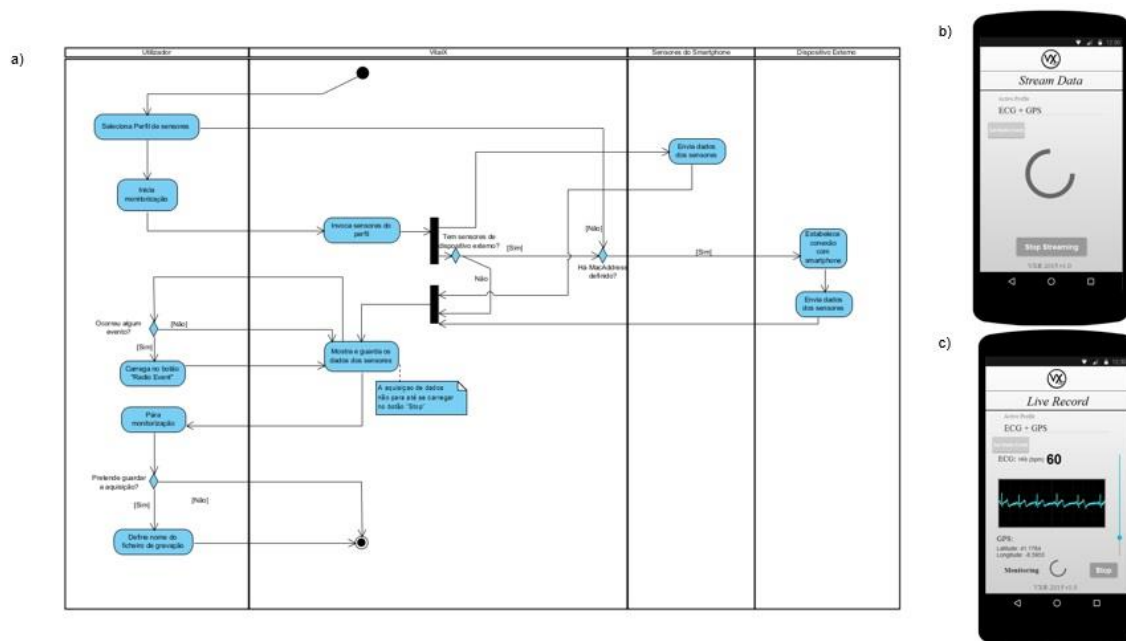


Figura 3.7 - a) Fluxo de atividades para a monitorização dos sensores presentes num perfil selecionado; Sketches das atividades de monitorização: b) Stream Data; c) Live Record.

Por fim, o fluxo de atividades originado pelo botão “Records List” (Figura 3.8a) começa com possibilidade de selecionar um exame a partir de uma lista com todas as aquisições realizadas, podendo efetuar a consulta ou eliminação do exame escolhido (Figura 3.8b). Ao consultar uma aquisição específica (Figura 3.8c) o utilizador tem acesso a todos os valores registados pelos diferentes sensores, podendo assim tentar encontrar possíveis relações entre, por exemplo, as alterações em sinais vitais com possíveis mudanças nas condições ambientais durante a monitorização.

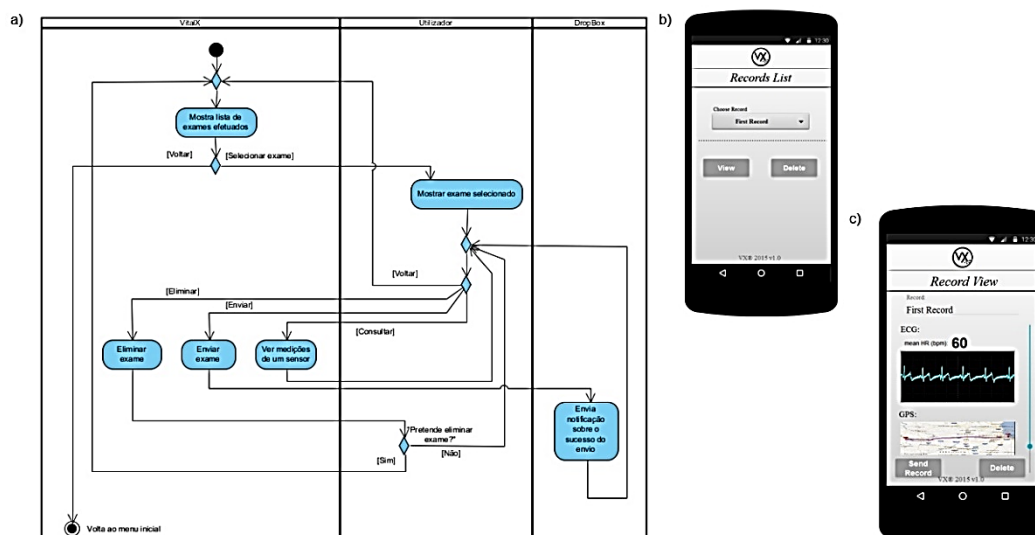


Figura 3.8 - a) Fluxo de atividades para a consulta de exames realizados; b) *Sketch* da atividade com lista de aquisições realizadas; c) *Sketch* da atividade com os resultados de uma atividade em específico.

3.4 - Arquitetura do módulo agregador

O desenvolvimento de um módulo adaptável para a criação de novas aplicações Android que seja capaz de agregar informação proveniente dos sensores presentes num *smartphone* com a informação recolhida por dispositivos externos de monitorização como o VJ, é de grande interesse pois possibilita o estudo do ECG tendo em conta múltiplas variáveis como alterações na temperatura ambiente, na altitude ou no comportamento do utilizador durante o exame.

Tendo em conta a análise de requisitos efetuada, os fluxos de atividades e protótipos exploratórios definidos e as APIs Android existentes foi possível esquematizar a arquitetura do módulo agregador pretendido tal como é apresentado na Figura 3.9.

Este módulo agregador deve então ser capaz de fornecer uma lista com todos os sensores disponíveis para a realização da monitorização. Para isso o módulo deve ser capaz de comunicar com os SDK dos dispositivos externos utilizados e recolher os sensores presentes nesses dispositivos, devendo também através das APIs *SensorManager* e *LocationManager* do próprio *smartphone*, apresentar a lista de todos os sensores presentes no dispositivo móvel utilizado. A principal vantagem de se poder aceder a esta lista deve-se ao facto dos dispositivos Android, conforme referido anteriormente, possuírem um número variável de sensores incorporados, o que foi tido em conta neste módulo de forma a não se invocarem sensores inexistentes. Para além disso, é importante que o programador ou posteriormente o utilizador possam escolher sensores específicos para o exame que pretendam realizar, seja para estabelecer uma relação direta entre eles, seja para não sobrecarregar o processador do dispositivo utilizado com elementos menos relevantes.

No entanto, a grande vantagem deste módulo é a capacidade de monitorizar sensores de diferentes dispositivos em simultâneo, sem perda de informação e permitindo estabelecer uma relação temporal entre eles a partir do registo do momento em que cada sensor deteta um novo evento. No caso dos sensores do *smartphone* o principal obstáculo era provocado pelo facto das APIs existentes para Android apenas permitirem registar eventos de todos os

sensores em simultâneo (TYPE_ALL) ou então de apenas um de cada vez (Ex.: TYPE_ACCELEROMETER). Assim, se for determinada a realização da monitorização de um conjunto de sensores do *smartphone*, no início do processo é criado um serviço para cada um dos sensores selecionados, através da classe *SensorService*. Caso seja um dos sensores seja o GPS esta classe vai interagir com a API *LocationManager* para receber informações sobre a localização do utilizador, caso seja outro tipo de sensor, a *SensorService* interage com a API *SensorManager* de forma a receber os eventos recolhidos pelo sensor em questão. Uma vez detetado um novo evento para qualquer um dos sensores, este é enviado para a classe *SensorResultReceiver* que o vai analisar de forma a determinar se ocorreu algum tipo de erro e de seguida, o resultado do evento é enviado para a classe *SensorReceiver* que é responsável pela atualização da UI da atividade principal com os novos valores registados e, se for o caso, pela gravação em ficheiro do evento associado ao sensor em questão.

Se a seleção de sensores contiver sensores incorporados em dispositivos externos então o processo é relativamente mais simples. Neste caso, o módulo agregador identifica o SDK associado ao dispositivo e correspondente sensor e recorre a esse SDK para recolher as atualizações de novos eventos registados pelos sensores determinados. Caso se pretenda, por exemplo, obter o ECG recolhido pelo VJ, é invocado o SDK do *VitalLogger*, que irá servir de ponte de comunicação entre a camisola e a atividade de monitorização da aplicação, transmitindo as novas medições que vão sendo adquiridas e atualizando a UI.

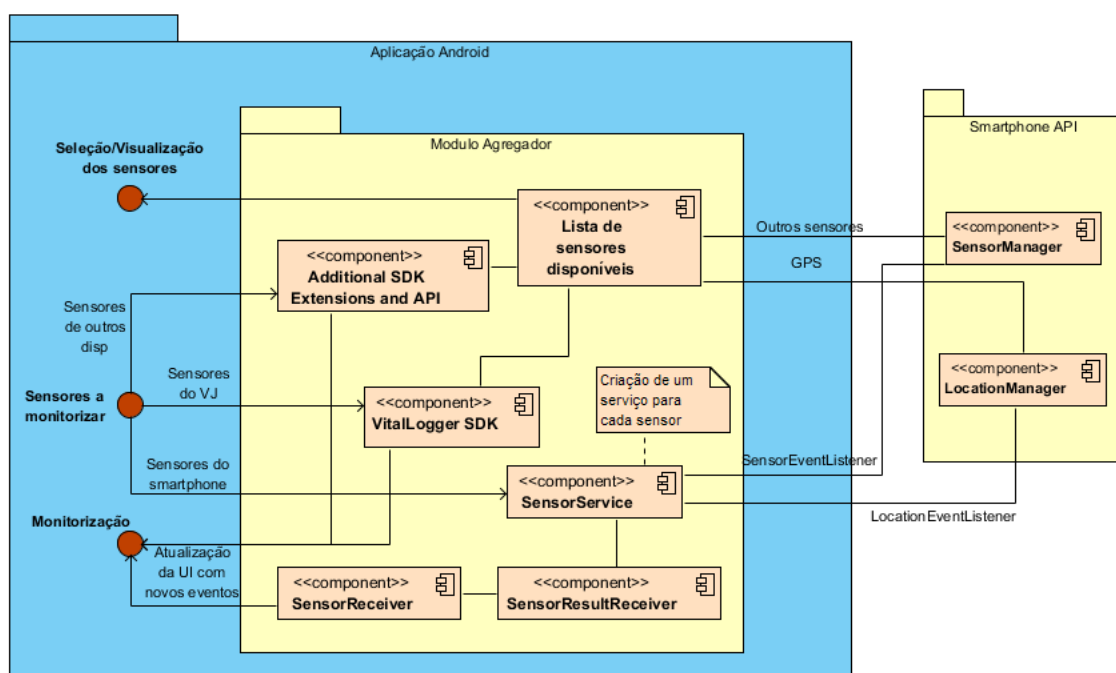


Figura 3.9 - Arquitetura do módulo de agregação de sensores para plataforma Android.

3.5 - Layouts da DemoApp

Após a análise dos requisitos, a conclusão dos fluxos de atividades que compõem a DemoApp e tendo a arquitetura do módulo agregador devidamente definida, procedeu-se então à definição dos *layouts* de cada atividade, através da plataforma Android Studio, por ser um ambiente de desenvolvimento integrado especialmente desenhado para a programação de aplicações Android, e onde a definição dos *layouts* é bastante acessível.

O principal objetivo desta aplicação é a demonstração da funcionalidade do módulo desenvolvido, pelo que a DemoApp deverá conter uma atividade para a seleção de sensores a partir da lista disponibilizada pelo módulo agregador, duas atividades de monitorização conforme mencionado anteriormente, uma atividade para consulta posterior dos exames efectuados, e ainda uma atividade para estabelecer a conexão com dispositivos externos, para além de um menu inicial que permita aceder às cinco atividades referidas.

Na computação móvel a UI e a UX associadas à aplicação têm grande importância pois são fatores determinantes para o sucesso da aplicação desenvolvida, uma vez que uma *app* pode conter inúmeras capacidades e ser altamente funcional, mas se o acesso às suas funcionalidades não for intuitivo e rápido, esta poderá perder interesse. Desta forma, o *layout* é o que define a estrutura visual da UI tanto para uma atividade como para um *widget*, cujos elementos podem ser declarados através de um ficheiro XML ou invocados via programação para aparecerem em tempo real a partir objetos View e ViewGroups [52].

No caso da DemoApp foi estabelecido um *layout* próprio para a aplicação que fosse constante para todas as atividades, excetuando a do Menu Principal, semelhante ao estabelecido nos protótipos exploratórios efetuados. Este “*layout-tipo*” (Figura 3.10) consiste numa tabela no topo do ecrã que é definida pelo código XML apresentado Figura 3.11, onde na primeira linha surge o logotipo da aplicação seguido do nome da atividade em questão e uma barra horizontal para dividir este cabeçalho dos elementos específicos de cada atividade. No fundo do ecrã aparece uma *TextView* contendo a as iniciais da aplicação, o ano e a versão correspondente.



Figura 3.10 - Layout-tipo das atividades da DemoApp.

```

<TableLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_alignParentTop="true"
    android:orientation="horizontal"
    android:divider="@drawable/separator"
    android:showDividers="end"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:id="@+id/tablelayout1">
    <TableRow
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:gravity="center"
        android:layout_gravity="center">
        <ImageView
            android:id="@+id/imageView2"
            android:background="@drawable/vx_small"
            android:layout_gravity="bottom|center_horizontal" />
    </TableRow>

    <TableRow
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_gravity="center_horizontal"
        android:gravity="center_horizontal">

        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="Activity Name"

            android:textColor="#000000"
            android:fontFamily="sans-serif-light"
            android:textStyle="italic"
            android:id="@+id/textView2"
            android:textSize="35dp"
            android:layout_gravity="center_horizontal" />
    </TableRow>
</TableLayout>

<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="VitalX 2015 v1.0"
    android:id="@+id/tv3"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_alignParentBottom="true" />

```

Figura 3.11 - Código XML para definir o *layout*-tipo das atividades da DemoApp.

3.5.1 - Menu Inicial

Ao aceder à DemoApp o utilizador é confrontado com a página inicial da aplicação contendo o logotipo e o lema, assim como a versão da aplicação no fundo da atividade (Figura 3.12). Carregando em qualquer ponto deste ecrã surge a atividade do Menu Inicial (Figura 3.13) constituído por cinco botões. Ao contrário das restantes atividades desta aplicação, o *layout* do menu inicial dispensa o cabeçalho com o nome da atividade e como tal optou-se por inserir apenas o logotipo no topo e cinco botões centrados para aceder às restantes atividades. Conforme referido na secção 3.4, estas atividades permitem selecionar o VJ pretendido, gerir os perfis de sensores criados, realizar monitorizações em modo “*live*” ou em “*stream*” e consultar os resultados obtidos.



Figura 3.12 - Primeiro ecrã da DemoApp.

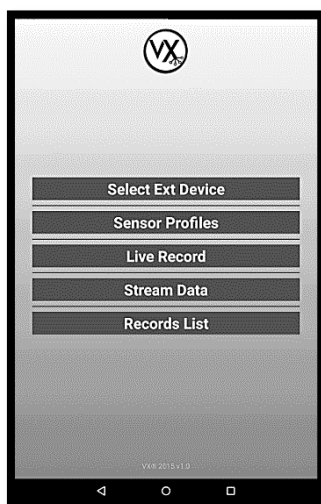


Figura 3.13 - Menu inicial da DemoApp.

3.5.2 - Select Ext Device

Esta atividade permite selecionar o VJ pretendido para realizar posteriormente uma monitorização da atividade cardíaca. Assim, o *layout* desta atividade (Figura 3.14) contém dois elementos principais: uma lista para apresentar os dispositivos detetados por Bluetooth e um botão para confirmar a seleção.

A lista recorre a um ListAdapter para através do BluetoothAdapter, apresentar os diferentes dispositivos externos (VJs) emparelhados por Bluetooth com o smartphone. Ao clicar num dos itens da lista contendo o ID dos VJs, é recolhido o MacAddress correspondente, que será enviado para o Menu Inicial, carregando no botão “Confirm”.

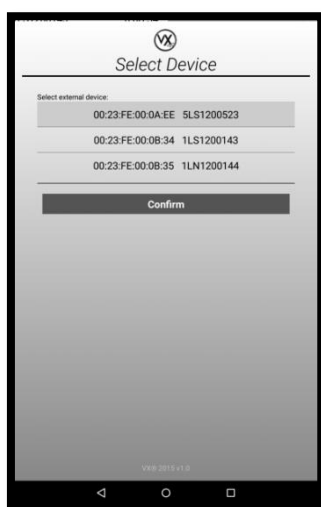


Figura 3.14 - *Layout* da atividade da DemoApp para a seleção do dispositivo externo.

3.5.3 - Gestão de Perfis

De seguida serão apresentados os *layouts* das duas atividades responsáveis pela gestão de perfis de sensores. A primeira diz respeito à consulta de todos os perfis criados, enquanto que a segunda permite a criação de um novo perfil.

3.5.3.1- Sensor Profiles

A atividade Sensor Profiles (Figura 3.15) é responsável pela gestão dos diferentes perfis de sensores criados pelo utilizador. O *layout* desta atividade é composto por quatro elementos:

- Um Spinner onde são apresentados os diferentes perfis anteriormente criados. Para isso, recorre-se a um SpinnerAdapter que acede ao repositório de perfis dentro da memória interna do smartphone, para recolher o nome dos perfis criados;
- Uma lista que apresenta os diferentes sensores constituintes do perfil selecionado no Spinner;
- Um botão “Delete” para eliminar o perfil selecionado no Spinner e que já não seja desejado pelo utilizador;

- Um botão “New Profile” para aceder a uma nova atividade com o intuito de criar um novo perfil.

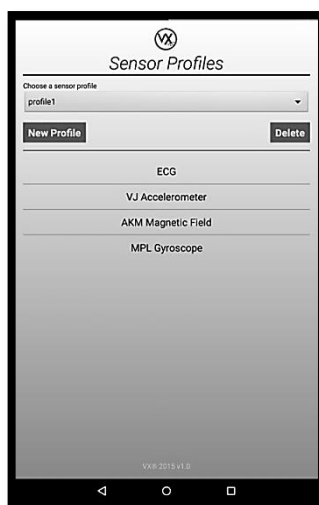


Figura 3.15 - Layout da atividade da DemoApp para gestão de perfis de sensores.

3.5.3.2- New Profile

Na atividade de criação de um novo perfil de sensores (Figura 3.16) o *layout* apresenta duas listas com *checkboxes* para os diversos sensores disponíveis. A primeira lista diz respeito à seleção de sensores do VJ, estando incluídos os sensores ECG e acelerómetro previamente existentes e os sensores de temperatura, humidade relativa e saturação do oxigénio capilar (spO2). A segunda lista corresponde aos sensores disponibilizados pelo *smartphone*. Por fim, entre as duas listas existe uma só *checkbox* para determinar a utilização do GPS.

À medida que o utilizador vai seleccionando os sensores pretendidos, são criadas listas de temporárias da seleção correspondentes aos sensores de dispositivos externos e do *smartphone*, que guardam o tipo de sensor selecionado.

Após a seleção dos sensores pretendidos e estabelecido o nome para o perfil na caixa de texto no topo do ecrã, o utilizador ao premir o botão “Create” criará um ficheiro que grava a lista com o tipo dos sensores selecionados num repositório da memória interna do *smartphone*.

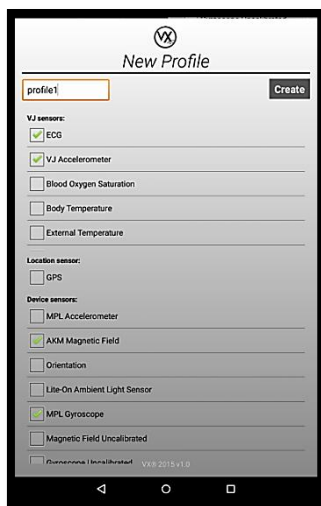


Figura 3.16 - Layout da atividade da DemoApp para a criação de perfis de sensores.

3.5.4 - Live Record e Stream Data

O *layout* das duas atividades de monitorização é o mesmo antes de se proceder à aquisição de valores (Figura 3.17), uma vez que o método de escolha do perfil de sensores a utilizar é o mesmo. Assim, o utilizador ao aceder a cada uma destas atividades deve escolher um perfil previamente criado, a partir do *Spinner* situado imediatamente abaixo da barra horizontal do cabeçalho. O utilizador pode verificar a situação sobre o VJ seleção, indicando se está conectado ou não e caso não tenha sido selecionado nenhum anteriormente, também é fornecida essa informação. Após confirmar a escolha do perfil, o sistema verifica se nesse perfil existem sensores do VJ e caso existam é necessário que tenha havido a seleção prévia do dispositivo externo na atividade “Select Ext Device”.

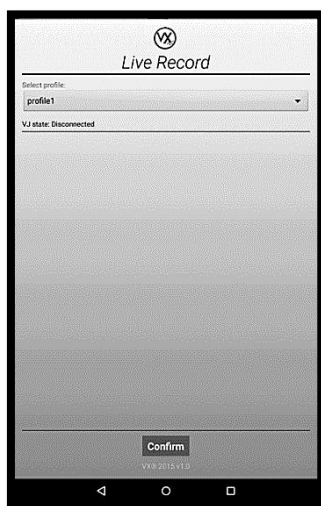


Figura 3.17 - Layout comum às atividades de monitorização da DemoApp antes da escolha do perfil pretendido.

Correndo tudo dentro da normalidade surgem novos elementos no *layout* das atividades e é neste passo que as duas UIs começam a diferir. Caso a atividade selecionada para realizar a monitorização seja a “Live Record” aparecem no fundo do ecrã os botões “Start” e “Stop” para dar início e depois finalizar a monitorização, acompanhado pelo botão “Set Radio Event” para registar eventos a partir do próprio *smartphone*, e por duas TextViews para cada sensor do perfil, sendo a primeira responsável pelo nome do sensor e a segunda pela demonstração da variação dos valores. Se no perfil escolhido estiver incluído o ECG a TextView correspondente ao batimento cardíaco terá maior destaque e aparecerá também um gráfico para produzir o ECG do exame (Figura 3.18).

Caso a monitorização seja realizada através da “Stream Data”, após a confirmação do perfil a UI apresenta igualmente os botões “Start”, “Stop” e “Set Radio Button”, com as mesmas funções que na atividade “Live Record”. No entanto, uma vez iniciada a aquisição de dados, surge apenas no ecrã do utilizador uma ProgressBar circular que permanece ativa durante o tempo de monitorização (Figura 3.19).

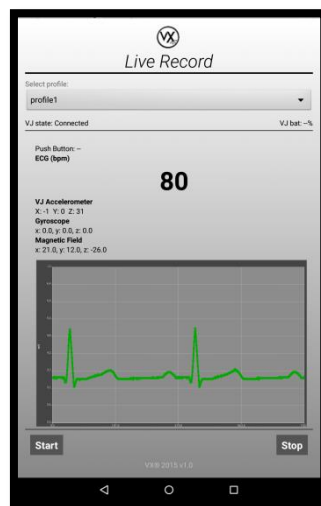


Figura 3.18 - *Layout* da atividade Live Record da DemoApp durante uma monitorização.



Figura 3.19 - *Layout* da atividade Stream Data da DemoApp durante uma monitorização.

Ao carregar no botão “Stop” a aplicação termina a aquisição e surge no ecrã das duas atividades um AlertDialog (Figura 3.20) de forma a permitir ao utilizador decidir se grava ou não a aquisição e caso pretenda grava-la, poderá decidir o nome do ficheiro que conterà as medições recolhidas durante o processo de monitorização.

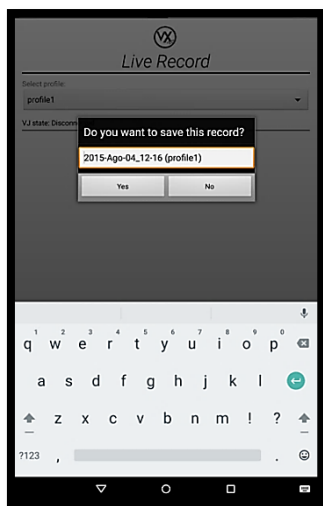


Figura 3.20 - AlertDialog originado pelo fim da monitorização em ambas atividades de monitorização da DemoApp.

3.5.5 - Consulta de Monitorizações

Tendo um procedimento semelhante à gestão de perfis a consulta de monitorizações é composta por duas atividades, em que na primeira o utilizador escolhe o exame que pretende consultar, e na segunda aparecem discriminadas as medições realizadas nesse exame.

3.5.5.1- Records List

Na atividade de gestão de exames realizados, o *layout* desenvolvido é bastante simples apresentando apenas três elementos como é possível observar na Figura 3.21. Desde logo surge um Spinner em cima que acede à lista de ficheiros, gravados na memória interna do *smartphone*, com os exames realizados, permitindo a seleção de um deles. Uma vez selecionado o exame pretendido, o utilizador pode eliminá-lo carregando no botão “Delete” à direita, surgindo um AlertDialog para confirmar a sua ação.

Se pretender consultar o exame selecionado, o utilizador deverá premir o botão “View” o que levará ao aparecimento de uma nova atividade, a “Record View”.

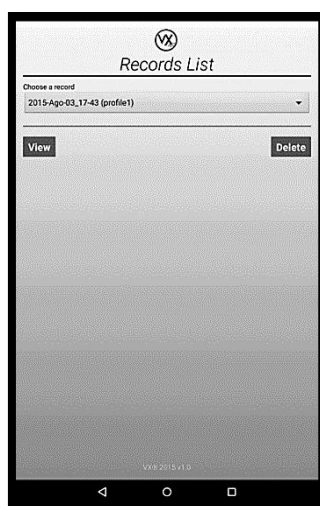


Figura 3.21 - *Layout* da atividade da DemoApp para gestão de exames realizados.

3.5.5.2- Record View

O *layout* associado à consulta de um exame específico está exposto na Figura 3.22 e é composto por uma *TextView* no topo contendo o nome do exame escolhido na atividade anterior. Posteriormente surge uma *ExpandableListView* que lê o ficheiro pretendido, associando as várias medições, durante a monitorização, ao sensor que as recolheu. Assim, esta lista é composta por um cabeçalho contendo o nome do sensor, que ao ser premido abre uma lista com todas as medições efetuadas, incluindo o tempo em que se registaram novos eventos para cada sensor. Estas medições adaptam-se ao tipo de sensor no sentido em que os diferentes valores obtidos são devidamente legendados, isto é, para dados sobre o batimento cardíaco é apresentado para cada medição o tempo a que ocorreu a medição ($t=$ “ ”), a posição do complexo QRS ($Pos=$ “ ”), o intervalo entre picos R-R ($RR(ms)=$ ”) e o batimento cardíaco instantâneo ($HRI(bpm)=$ “ ”). No caso de se tratar do acelerómetro de 3 eixos cada medição terá o aspeto de $t=$ “ ”, $X=$ “ ”, $Y=$ “ ”, $Z=$ “ ”.

Este *layout* apresenta ainda no fundo do lado direito o botão “Delete” para permitir a eliminação do exame em questão, tendo um funcionamento semelhante ao botão com o mesmo nome da atividade anterior.

Por fim, no fundo do ecrã do lado direito aparece o botão “LogIn” ao lado do ícone da Dropbox, que ao ser premido abrirá uma página do *browser* para inserir as credenciais na página da Dropbox e permitir que a DemoApp aceda à conta do utilizador. Uma vez realizado este processo, a atividade “Record View” volta a aparecer no ecrã do *smartphone* do utilizador, aparecendo no lugar do botão “LogIn” um botão “Upload” que ao ser premido envia o ficheiro aberto na atividade para a pasta VitalX-Acquisitions na DropBox do utilizador, com o formato “.txt”.

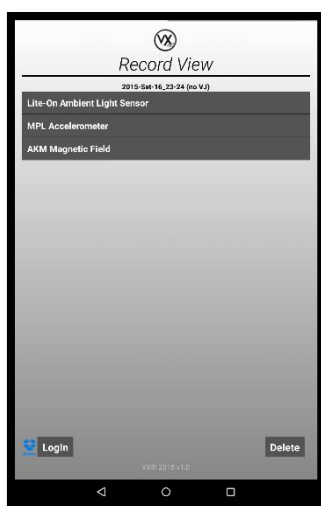


Figura 3.22 - Layout da atividade da DemoApp para consulta de um exame selecionado.

3.6 - Detalhes da Implementação

Para o desenvolvimento da aplicação de demonstração do módulo agregador foi utilizada a plataforma Android Studio, como referido anteriormente. Na criação do projeto nesta plataforma foi determinado que a aplicação a desenvolver correria em dispositivos com API mínima de nível 15 correspondente a dispositivos com a versão Android 4.0.3, mas o alvo seriam *smartphones* Android com API de nível 21, contendo a versão 5.0 deste sistema operativo.

À medida que se foi desenvolvendo o algoritmo, o mesmo foi sendo testado utilizando o dispositivo Asus Google Nexus 7 que possui quatro processadores Qualcomm Snapdragon 600 1,51GHz.

De forma a possibilitar a incorporação das funcionalidades pretendidas foram introduzidas no manifesto do projeto algumas permissões tal como mostra a Figura 3.23.

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH"/>
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
```

Figura 3.23 - Permissões introduzidas no manifesto do projeto da aplicação de demonstração.

As permissões “BLUETOOTH” e “BLUETOOTH_ADMIN” dizem respeito às conexões Bluetooth que a aplicação tem de estabelecer com os dispositivos externos. No primeiro caso o objetivo é obter a permissão para estabelecer uma conexão com um aparelho externo, aceitar uma conexão e transferir dados, o que é logicamente necessário para uma aplicação que pretende receber dados recolhidos por um dispositivo externo de recolha de sinais vitais. No segundo caso, esta permissão possibilita a pesquisa e emparelhamento com aparelhos externos, sendo necessária nesta aplicação para a atividade “Select Ext Devices”.

A permissão “ACCESS_FINE_LOCATION” é necessária para se poder invocar o serviço de GPS de forma a providenciar ao utilizador uma informação precisa sobre a sua localização.

Por fim, a permissão “INTERNET” tem nesta aplicação o único propósito de permitir que o utilizador partilhe as monitorizações realizadas através da Dropbox.

A comunicação entre o Menu Inicial da DemoApp e as restantes atividades é unidirecional para todas, exceto com a atividade Select External Device, uma vez que é esperado receber um MacAddress do dispositivo selecionado como resultado da atividade.

A criação de perfis de sensores é feita através do método definido pelo módulo agregador, a partir da lista de sensores totais disponibilizados pelo VJ e pelo dispositivo móvel utilizado. À medida que os sensores vão sendo selecionados, o seu tipo vai sendo adicionado a uma lista que será gravada em ficheiro. Este tipo corresponde a um número inteiro que identifica o sensor em questão, o que no caso dos sensores presentes no *smartphone* é algo direto, pois estão devidamente identificados, mas que no caso do GPS e dos sensores do VJ levou à criação de uma classe de constantes (Figura 3.24), onde são atribuídos números inteiros que identificam cada sensor.

```
public class Constants {

    public static final int GPS_TAG = 253;
    public static final String GPS_STRING = "GPS";
    public static final int ECG_TAG = 242;
    public static final String ECG_STRING = "ECG";
    public static final int ECG_DATA_TAG = 996;
    public static final String ECG_DATA_STRING = "ECG Data";
    public static final int JACKET_TEMP_TAG = 135;
    public static final String JACKET_TEMP_STRING = "Body Temperature";
    public static final int JACKET_ACC_TAG = 999;
    public static final String JACKET_ACC_STRING = "VJ Accelerometer";
    public static final int SPO2_TAG = 998;
    public static final String SPO2_STRING = "Blood Oxygen Saturation";
    public static final int TEMP_EXT_TAG = 103;
    public static final String TEMP_EXT_STRING = "External Temperature";
    public static final int METEO_HUM_TAG = 132;
    public static final String METEO_HUM_STRING = "Relative Humidity";
    public static final int PUSH_BUTTON_TAG = 997;
    public static final String PUSH_BUTTON_STRING = "Events during acquisition";

}
```

Figura 3.24 - Classe de constantes para atribuir um identificador aos sensores do VJ e GPS.

Desta forma, o utilizador da DemoApp ao criar um novo perfil, este vai ser guardado num ficheiro contendo a lista dos tipos/identificadores dos sensores usados. Este ficheiro é então armazenado na memória interna do dispositivo móvel no diretório “/profiles/”.

Para as atividades de monitorização, mediante o perfil de sensores selecionado pode ser necessário estabelecer a ligação com dispositivos externos. Tal como definido pelo módulo agregador, o facto do perfil poder conter sensores incorporados no VJ, implicou adicionar ao projeto a biblioteca externa “VitalLogger.sdk.jar” que se trata de uma versão melhorada do SDK “biolib.sdk.jar” disponibilizado no site oficial do VJ, pois contém as mesmas funcionalidades e permite também a aquisição dos dados recolhidos pelos novos sensores incorporados no VJ, no âmbito do projeto VitalLogger. Para o caso dos sensores do próprio *smartphone* a aplicação processa os novos eventos adquiridos por eles, pelo método descrito na arquitetura do módulo agregador (Secção 3.4).

Tendo em conta o requisito básico desta aplicação para recolher e apresentar na sua UI o ECG obtido pelo VJ (atividade “Live Record”), a DemoApp acede à biblioteca externa

“androidplot-core-0.6.1.jar”, que permite a criação de gráficos estáticos e dinâmicos em aplicações Android, para assim apresentar um gráfico que atualiza em tempo real o sinal elétrico do coração do utilizador recolhido pelo VJ e transmitido por Bluetooth.

Durante a realização de uma monitorização, a aplicação vai gravando em ficheiro os novos eventos registados por cada sensor assim como o tempo em milissegundos a que se deu o novo evento. De forma a poder consultar as medições posteriormente é necessário saber a que sensor corresponde cada medição. Assim, por exemplo para a gravação de um evento associado a sensores que para cada medição recebem três variáveis, correspondentes por exemplo a três eixos, foi desenvolvido o método apresentado na Figura 3.25, que recebe o nome do ficheiro que está a ser criado, a identificação do sensor, o momento do registo do novo evento, as três variáveis e o contexto da aplicação. No anexo B é possível consultar a trama de gravação de um ficheiro durante este processo. É importante referir, que este nome do ficheiro consiste na data e hora de início do exame e o nome do perfil utilizado (Ex.: 2015-Ago-10_12-56 (profile1)), mas não é definitivo e como exposto na secção 3.5.4 o utilizador no final da monitorização caso pretenda gravar o ficheiro criado pode atribuir o nome que entender, caso contrário o ficheiro criado durante a monitorização é eliminado automaticamente.

```
// sensors with 3 variables
public void writeToFile(String fname, int sType, String time, float x, float y, float z, Context ctx)
```

Figura 3.25 - Método criado para a gravação em ficheiro de um evento associado a um sensor de três variáveis.

Este método (Figura 3.25) possibilita que na atividade de consulta de um exame as medições realizadas apareçam devidamente organizadas, de acordo com o sensor que as recolheu. Para isso o ficheiro correspondente devolve um HashMap cujos elementos “pai” são constituídos pelos tipos de sensores monitorizados e os elementos “filho” apresentam todas as medições efectuadas por cada sensor.

Para se proceder à partilha de cada exame utilizando a Dropbox, a atividade “RecordView” recorre às bibliotecas externas “dropbox-android-sdk-1.6.3.jar” e “json_simple-1.1.jar”. Estas duas bibliotecas funcionam como um *pack* que permite a criação de aplicações móveis que recorrem aos serviços de partilha de documentos, sendo disponibilizado no *site* oficial da Dropbox. Assim, nesta aplicação de demonstração cada monitorização pode então ser partilhada sob o formato “.txt” para a pasta “VitalX - Acquisitions” (caso não exista, é criada automaticamente) na Dropbox do utilizador.

Após o desenvolvimento da DemoApp foi desenvolvido um Diagrama de Classes conforme apresentado na Figura 3.26, tendo sido criado um javadoc relativo às classes de criação de ficheiros, monitorização de sensores do *smartphone* e envio de exames para uma Dropbox, que pode ser consultado no Anexo A.

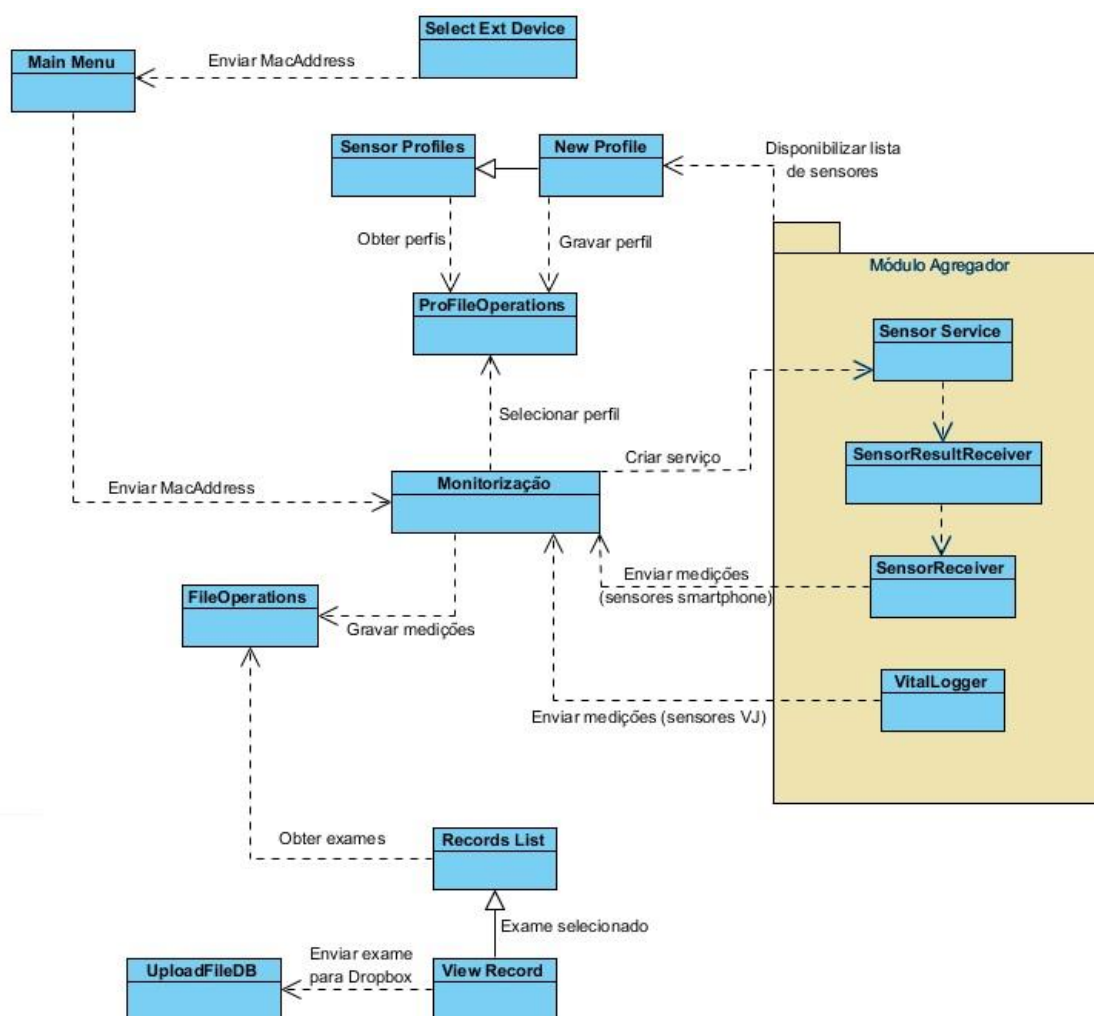


Figura 3.26 - Diagrama de Classes da DemoApp.

3.7 - Conclusão

O VitalLogger é um projeto que visa a criação de um sistema de monitorização remota de sinais vitais sincronizando os dados recolhidos pelos sensores desses sinais com sensores de ambiente, comportamento e localização do utilizador. Para isso, foi necessário desenvolver um módulo agregador adaptável a aplicações da plataforma Android, que fosse capaz de recolher em simultâneo os dados obtidos pelos sensores incorporados em dispositivos externos responsáveis pela recolha de sinais vitais, como o VJ, com os sensores presentes no *smartphone* utilizado e a informação por eles recolhida, sendo também necessário o desenvolvimento de uma aplicação móvel (DemoApp) capaz de demonstrar o correto funcionamento do módulo agregador.

Numa primeira fase foi necessário definir os requisitos que o módulo agregador e a DemoApp deviam cumprir, assim como o fluxo de atividades a que deviam obedecer. De forma a facilitar a perceção da UX associada aos fluxos criados, foram desenvolvidos protótipos exploratórios que viriam a ser a base dos *layouts* da DemoApp.

Posteriormente, foi definida a arquitetura do módulo agregador. De modo a testar a funcionalidade desta arquitetura, foi necessário desenvolver uma aplicação móvel (DemoApp) que recorresse ao módulo agregador, para monitorizar diversos sensores provenientes de diferentes dispositivos em simultâneo.

Foram então desenvolvidos os layouts da DemoApp de acordo com os protótipos exploratórios criados previamente, e foi desenvolvido o algoritmo que serve de base a esta aplicação, utilizando a plataforma Android Studio.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

A DemoApp é uma aplicação móvel de demonstração desenvolvida com o intuito de demonstrar e comprovar o funcionamento do módulo agregador criado no âmbito desta dissertação, no que toca à capacidade de recolher e associar os valores registados por sensores tanto do *smartphone* como de dispositivos externos. Assim, a DemoApp deve ser capaz de agregar os sensores incorporados no VJ com os sensores do *smartphone* e sincronizar a informação recolhida por todos os sensores. Desta forma, a aplicação deve também registar alterações nos sinais vitais como o ECG em função do ambiente em volta do utilizador e do seu comportamento. Por fim, a DemoApp deve ter a robustez necessária para que o fluxo de atividades nunca seja interrompido, estando desenvolvida para responder a um conjunto de exceções que podem ocorrer durante a sua utilização.

De forma a comprovar as capacidades da DemoApp e o funcionamento do módulo agregador foram realizados dois testes utilizando o *tablet* Asus Google Nexus 7. O primeiro teste foca-se na demonstração do trabalho desenvolvido em todo o projeto VitalLogger, procurando verificar a funcionalidade dos novos sensores incorporados no VJ, e o segundo tem como objetivo analisar a DemoApp como uma ferramenta de monitorização da atividade cardíaca, analisando a sua variação em função de alterações comportamentais do indivíduo.

4.1 - Novos Sensores do VJ

Um dos primeiros objetivos do projeto VitalLogger em que esta dissertação se insere, passa pelo melhoramento de um sistema vestível de monitorização de ECG, o VitalJacket® (VJ), através da adição de sensores de temperatura, humidade relativa do ar, e de spO2 aos sensores de ECG e acelerómetro de 3 eixos presentes na versão atual do VJ. Com o desenvolvimento da DemoApp foi possível testar a biblioteca vitalLogger.sdk.jar e assim inferir se os novos sensores foram corretamente implementados no VJ.

Para isso, pegou-se na nova aplicação criada e foi criado o perfil “All VJ sensors + Acc”, que consiste num perfil composto por todos os sensores incorporados no VJ associados ao acelerómetro do *smartphone*, de modo a mostrar que os sensores do VJ estão devidamente programados e funcionam em simultâneo com os do *smartphone*, tal como havia sido projetado no módulo que serve de base a esta dissertação.

Na Figura 4.1 é apresentado um *screenshot* da DemoApp durante esta monitorização, podendo confirmar-se o correto funcionamento dos sensores de batimento cardíaco,

acelerômetro, temperatura ambiente, nível de saturação de oxigênio no sangue (spO_2) e humidade relativa do VJ em simultâneo com o acelerômetro do dispositivo móvel utilizado.

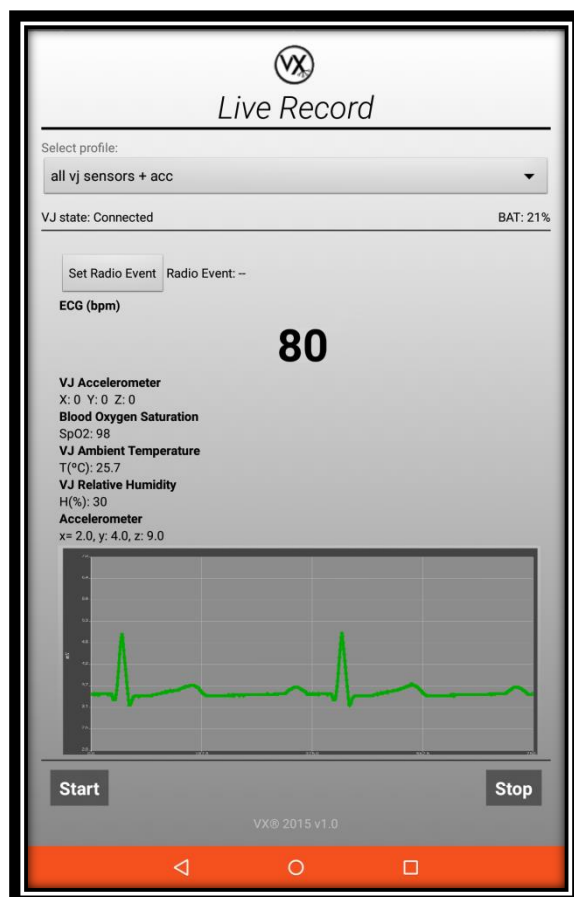


Figura 4.1 - Atividade Live Record durante a monitorização dos sensores incorporados no VJ e do acelerômetro de 3 eixos presente no *tablet* utilizado.

4.2 - Variação do ECG com aumento da atividade física

Como referido anteriormente a atividade cardíaca é influenciada diretamente pelo comportamento da pessoa e pelo seu meio envolvente. De forma a demonstrar que a DemoApp é capaz de registar essa variação procedeu-se à realização de um teste que monitoriza o ECG durante uma situação de atividade física.

Este teste visa analisar o batimento cardíaco e a atividade física do indivíduo, recorrendo para isso aos sensores de ECG e acelerômetro do VJ e do Acelerômetro e Giroscópio do dispositivo móvel utilizado. O protocolo do teste é composto por quatro fases distintas na monitorização contínua do utilizador:

1. 30 segundos em estado de repouso (sentado);
2. Descendo três andares de escadas como o tablet na mão;
3. Subindo até ao ponto de partida com o tablet na mão;
4. 30 segundos em estado de repouso (sentado);

A Figura 4.2 corresponde ao momento em que o indivíduo testado se encontra na primeira fase do exame, sendo possível verificar o funcionamento da atividade “Live Record” da aplicação de demonstração.

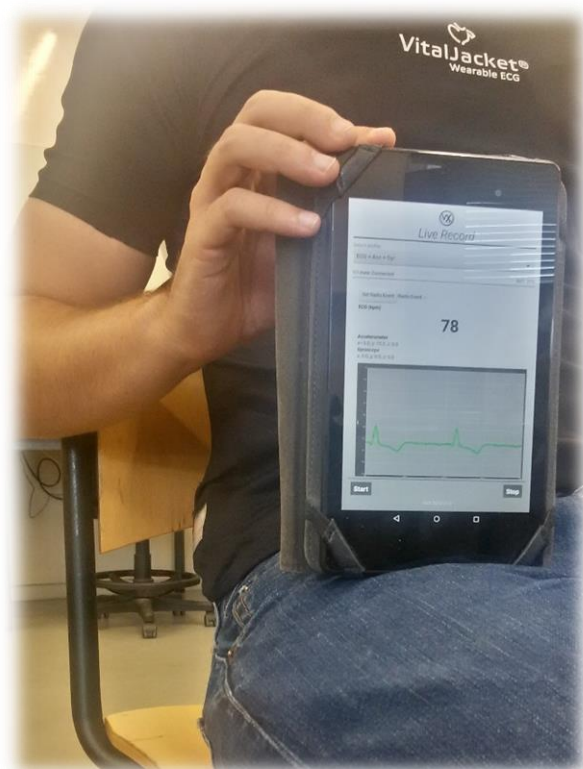


Figura 4.2 - Monitorização do indivíduo testado durante a primeira fase do teste do proposto.

A Figura 4.3 mostra o exame realizado para este teste sendo possível consultar todas as medições realizadas. O momento de transição entre as fases foi registado premindo o botão “Set Radio Event” e é dado pelas medições pertencentes à lista de “Events during Acquisition”, em que o número 1 corresponde ao momento em que o examinado começou a descer as escadas após o primeiro período de repouso, o número 2 indica ao fim da descida e início da subida das escadas, e o número 3 determina o fim da atividade física e início do período de repouso.

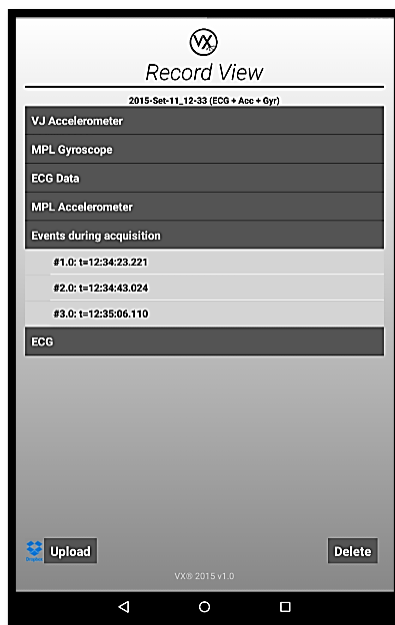


Figura 4.3 - Atividade “View Record” da DemoApp correspondente ao exame realizado para o teste proposto.¹

O ficheiro com estas medições foi então enviado para a pasta VitalX-Acquisitions (Figura 4.4) na DropBox para se proceder à sua análise.



Figura 4.4 - Pasta da DropBox com os exames enviados pela DemoApp.

Os resultados obtidos foram convertidos em quatro gráficos por sensor correspondentes às quatro fases do teste e podem ser analisados a seguir. No caso do batimento cardíaco os resultados obtidos apresentavam algum ruído provocado possivelmente pela má colocação dos elétrodos no corpo do indivíduo testado pelo que, estes resultados foram sujeitos a um filtro de média passa-baixo, de forma a suavizar o sinal obtido.

¹ A numeração de cada evento aparece na Figura 4.3 com uma casa decimal devido a um pormenor na passagem dos valores do tipo Float para String, que só foi corrigido após a realização deste teste.

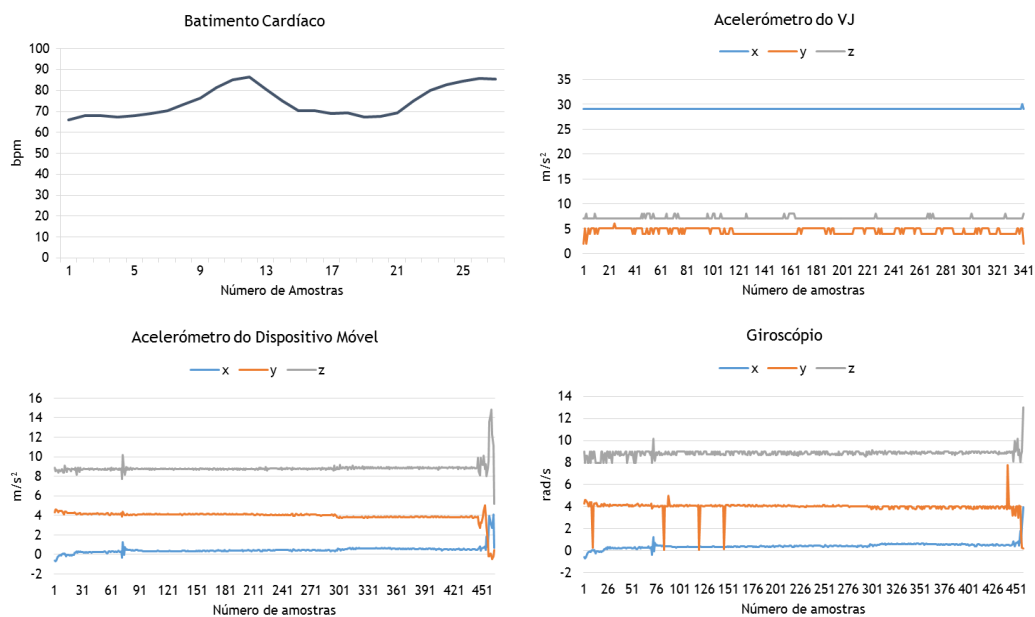


Figura 4.5 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na primeira fase do teste.

Durante o primeiro período de monitorização, os gráficos (Figura 4.5) com os registos dos três sensores de atividade apresentam valores constantes devido à falta de movimento por parte do indivíduo monitorizado, o que acaba por refletir, tal como esperado, um batimento cardíaco relativamente baixo a oscilar entre os 66 e os 87 batimentos por minuto (bpm), apresentando uma média de 74,6 bpm.

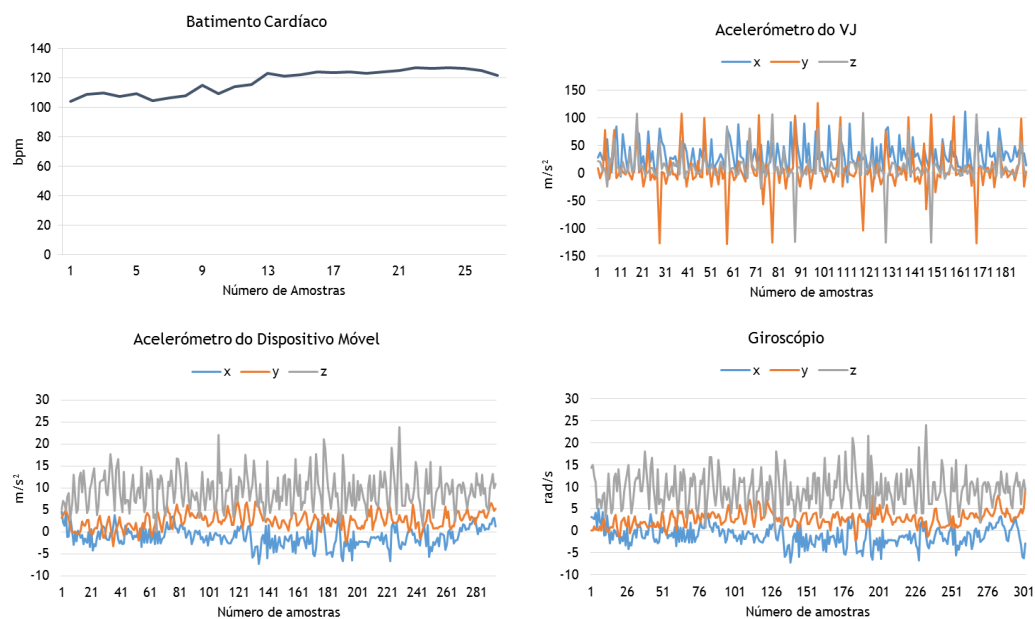


Figura 4.6 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na segunda fase do teste.

Na segunda fase do teste, o sujeito examinado ao descer as escadas provoca uma elevada oscilação tanto nos acelerómetros como no giroscópio, tal como é comprovado pelos gráficos destes sensores de movimento presentes na Figura 4.6. Fruto desta alteração no comportamento do indivíduo é possível verificar um aumento significativo na sua atividade cardíaca, que passa a apresentar um batimento cardíaco cada vez mais acelerado tendo uma média nesta fase de 119 bpm.

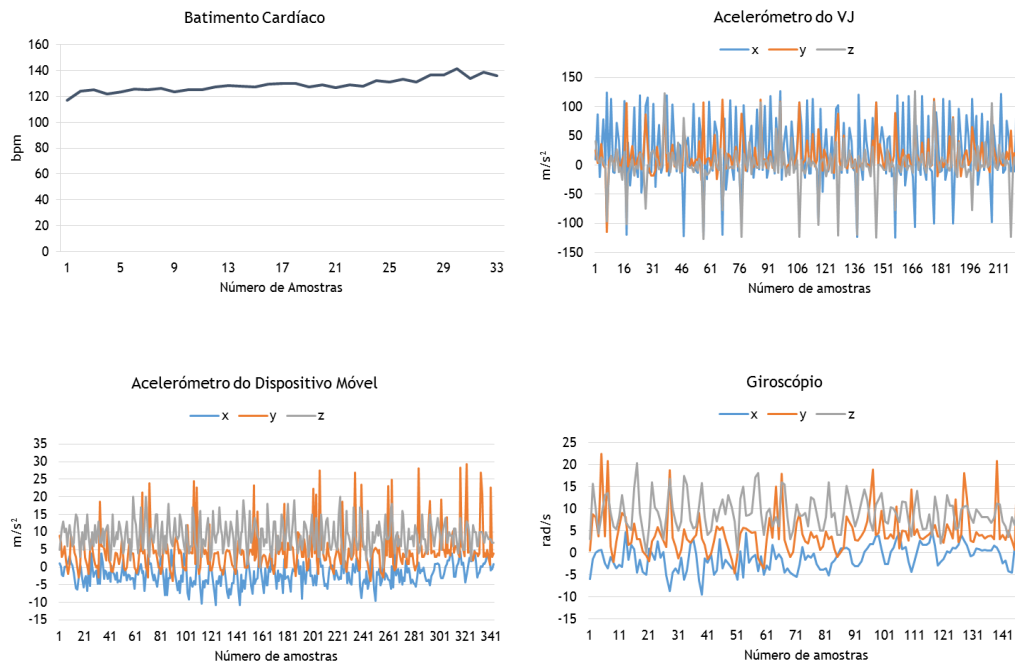


Figura 4.7 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na terceira fase do teste.

Ao subir as escadas, o indivíduo aumenta o esforço físico realizado mas no que toca aos valores registados pelos sensores de movimento, não se verificam grandes alterações relativamente à fase de descida de escadas, apresentando igualmente uma grande oscilação durante a subida dos três andares (Figura 4.7). Nesta fase, com o aumento do esforço físico é possível verificar através do gráfico do batimento cardíaco que este continua a aumentar durante todo o período associado à fase de subida de escadas, apresentando uma média de 130,5 bpm.

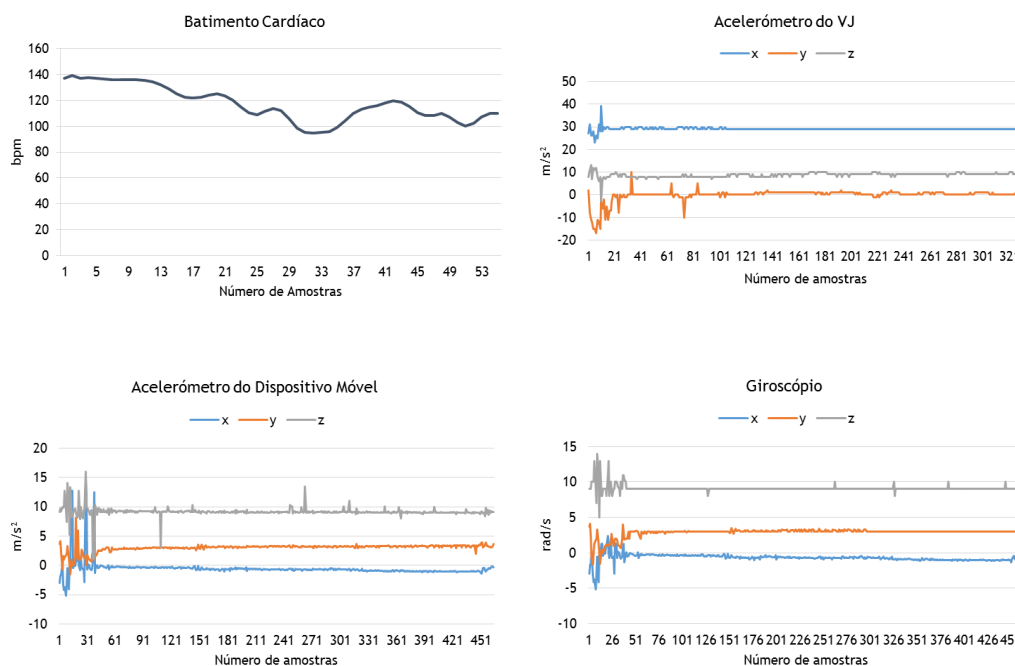


Figura 4.8 - Valores recolhidos pelos sensores monitorizados na quarta fase do teste.

Após subir o último lance de escadas, deu-se início à última fase deste teste, em que o indivíduo testado volta à posição de repouso inicial. Conforme mostra a Figura 4.8 o movimento produzido pelo indivíduo é praticamente nulo, dado que para os três eixos dos sensores testados os valores obtidos são praticamente constantes. O gráfico do batimento cardíaco durante esta fase permite verificar que com menor movimento o coração diminui progressivamente a sua atividade, apresentando uma média de 116,7, sendo de esperar que com uma análise um pouco mais prolongada os bpm atingiriam os níveis obtidos na situação basal da primeira fase.

4.3 - Conclusão

Tendo a DemoApp completamente programada foi necessária submete-la a testes que comprovassem a funcionalidade do módulo agregador que lhe serve de base, assim como a sua capacidade para atuar como ferramenta de monitorização de sinais vitais.

Na realização do primeiro teste pretendia-se verificar se as alterações efectuadas no SDK do VJ no âmbito do projeto VitalLogger tinham sido bem implementadas. Para isso criou-se um perfil de sensores contendo todos os sensores presentes no VJ, incluindo os que foram adicionados para este projeto, e ainda se adicionou o acelerómetro de 3 eixos presente no dispositivo móvel utilizado para o teste, para assim verificar também se o módulo de agregação é funcional. O resultado obtido foi satisfatório, no sentido em que todos os sensores, mostraram funcionar corretamente, o que comprova a correta implementação de novos sensores no VJ, para além de se verificar o funcionamento do módulo agregador desenvolvido devido à monitorização em simultâneo de sensores do VJ e um sensor do *smartphone*.

Com o segundo teste, apesar dos resultados apresentarem algum ruído com o maior movimento do indivíduo testado, foi possível comprovar que o aumento da atividade física

provoca o aumento do batimento cardíaco. Isto deve-se ao facto de que com o exercício físico a temperatura corporal aumenta e o coração acelera o seu batimento para aumentar o fluxo sanguíneo e conseguir contrariar esse aumento de temperatura [19]. É também possível verificar que a DemoApp é perfeitamente capaz de monitorizar a ação do coração do seu utilizador e sincroniza-la com o seu comportamento, seja através dos sensores presentes no VJ, seja através dos sensores incorporados no dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*). É também possível verificar que independentemente da origem dos sensores a DemoApp é capaz de gravar os novos eventos detetados por todos os sensores.

É assim possível concluir que o módulo agregador criado permite a aquisição em simultâneo de valores por parte de sensores de diferentes origens, sendo possível estabelecer relações temporais entre eles, pelo que poderá ser adaptado para futuras aplicações de monitorização de sensores. Também é possível verificar que a DemoApp desenvolvida nesta aplicação possui uma série de funcionalidades que podem ter grande interesse para o desenvolvimento sistemas de monitorização remota de sinais vitais.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

A consulta realizada para esta dissertação e exposta no Estado da Arte (Capítulo 2) permitiu verificar que as doenças ou eventos associados ao coração são muitas vezes fatais, estando no topo das causas de morte mesmo nos países mais desenvolvidos. Isto tem despoletado um grande interesse por parte da comunidade investigadora para desenvolver sistemas de monitorização remota da atividade cardíaca, o que permite aos seus utilizadores terem um conhecimento mais aprofundado do seu estado de saúde sem que para isso tenham de recorrer constantemente a consultas hospitalares.

Com o aparecimento dos *smartphones*, este tipo de sistemas tem crescido exponencialmente, dada a capacidade destes dispositivos em recolherem informação do meio que os envolve seja através dos vários sensores incorporados, seja através da conexão com dispositivos externos (*appcessories*) capazes de recolher dados com elevada precisão e qualidade. Dada a incapacidade atual dos *smartphones* para recolher ECG ou mesmo o batimento cardíaco de forma fidedigna, têm surgido no mercado diversos *appcessories* vestíveis de monitorização da atividade cardíaca, como é o caso do VitalJacket®, que quando associados a aplicações móveis tornam-se em ferramentas bastante úteis para o acompanhamento do estado de saúde dos seus utilizadores.

No conjunto das aplicações móveis pesquisadas destinadas à recolha de ECG foi possível detetar uma lacuna transversal a todas elas, uma vez que em nenhuma é tido em conta o meio envolvente à monitorização realizada ou mesmo a atividade do indivíduo durante este tipo de aquisições, apesar de estar devidamente documentado a relação direta entre o comportamento do coração com fatores vitais, ambientais ou emocionais.

Neste sentido e no âmbito do projeto VitalLogger que visa criar um sistema de monitorização de sinais vitais completo, surgiu o tema desta dissertação que consistia no desenvolvimento de um módulo aplicável à plataforma Android, e cuja arquitetura foi desenhada para permitir a agregação de informação relativa aos sensores presentes num smartphone e no VJ, permitindo que o utilizador possa escolher os sensores que pretende utilizar.

De forma a evidenciar que o módulo criado é funcional, foi desenvolvida uma aplicação móvel assente nesse módulo que apesar de apenas ter fins de demonstração, acaba por ser a interface visível de todo o projeto VitalLogger e como tal tinha de apresentar uma boa robustez e versatilidade. De forma a comprovar isso foram realizados dois testes, em que no primeiro a aplicação foi testada para determinar se os novos sensores incorporados no VJ e

o *firmware* associado estavam em correto funcionamento, o que implicou a seleção, para a monitorização, dos novos sensores pertencentes ao VJ, aos quais se adicionou o acelerómetro do próprio dispositivo móvel de modo a aferir as capacidades do módulo desenvolvido. Os resultados para este teste, apresentados no capítulo anterior, permitiram verificar que o módulo funciona e que os novos sensores foram devidamente implementados no VJ.

O segundo teste realizado pretendia determinar se os valores recolhidos pelos sensores pretendidos durante um exame efetuado pela DemoApp corresponderiam ao que está convencionado na literatura. Neste sentido elaborou-se um protocolo em que um indivíduo após um período em repouso era sujeito a uma atividade física brusca (descer e voltar a subir escadas), voltando posteriormente ao estado de repouso. No final da realização deste protocolo, o exame monitorizado e gravado na DemoApp foi enviado para uma Dropbox para se proceder à sua análise mais detalhada. Os resultados obtidos, mesmo apresentando algum ruído, acabaram por se revelar satisfatórios, pois foi possível estabelecer uma relação direta entre a atividade física do indivíduo testado e o seu batimento cardíaco.

Apesar da DemoApp ter mostrado ser uma ferramenta útil no auxílio à monitorização remota de sinais vitais e ter demonstrado a funcionalidade do módulo desenvolvido, há melhorias que podem vir a ser implementadas no futuro. Desde logo melhorar a consulta de monitorizações para que se possa proceder à análise dos exames efetuados recorrendo a gráficos interativos para cada sensor com a possibilidade de fazer *zoom* e *scroll* para zonas de interesse, por exemplo, para os momentos em que foram registados eventos de interesse.

Outro melhoramento possível poderá passar por dar possibilidade ao utilizador de escolher o formato do ficheiro de exame que é enviado para a Dropbox, uma vez que neste momento a DemoApp desenvolvida envia os ficheiros em formato “.txt” mas poderá ser do interesse de outros utilizadores ter acesso a estes ficheiros num formato de linhas e colunas (Ex.: “.csv”).

Por fim, associar o módulo agregador a uma central de processamento de sinais seria de grande interesse para a comunidade uma vez que o ECG é uma grande fonte de informação sobre o funcionamento do coração e através da sua análise é possível determinar a existência de anomalias. O módulo agregador sendo capaz de recolher o ECG simultaneamente com fatores ambientais e outros dados vitais, poderia enviar os exames recolhidos, por exemplo, para uma *cloud* que processasse este tipo de sinais e assim permitir em tempo real a deteção ou despiste de anomalias na atividade cardíaca dos utilizadores desta aplicação, sem afetar a capacidade de processamento do *smartphone* utilizado.

Embora sejam enunciados alguns aspetos da ferramenta computacional desenvolvida que poderão ser aperfeiçoado e afinados, os objetivos propostos inicialmente para esta dissertação foram cumpridos, tendo sido criado um módulo funcional para a plataforma Android capaz de efetuar a agregação e sincronização temporal de informação recolhida por sensores incorporados em dispositivos vestíveis e em *smartphones* e tendo sido desenvolvida uma aplicação móvel capaz de o demonstrar.

Foram também proporcionadas boas perspetivas para o desenvolvimento futuro deste trabalho, pelo que, é de crer que a realização desta Dissertação, de carácter inovador, seja uma excelente contribuição para a melhoria dos sistemas atuais de monitorização remota de sinais vitais e para o estudo de mais fatores que possam afetar a atividade cardíaca.

Anexo A

Figura A1 - JavaDoc referente ao SensorService para o acelerómetro presente em *smartphones*.

```
public class AccelerometerService
extends Service

Created by mib1208801
```

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description

AccelerometerService()

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy)
IBinder	onBind(Intent intent)
void	onCreate()
void	onDestroy()
void	onSensorChanged(SensorEvent event)
int	onStartCommand(Intent intent, int flags, int startId)

Methods inherited from class java.lang.Object

equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Constructor Detail

AccelerometerService

public AccelerometerService()

Figura A2 - JavaDoc da classe ResultReceiver para o acelerómetro do *smartphone*.

```
public class AccelerometerResultReceiver
extends ResultReceiver

Created by mib12o88o1
```

Nested Class Summary

Nested Classes

Modifier and Type	Class and Description
static interface	AccelerometerResultReceiver.Receiver

Field Summary

Fields

Modifier and Type	Field and Description
static java.lang.String	EXTRA_ERRORMSG
static java.lang.String	EXTRA_X
static java.lang.String	EXTRA_Y
static java.lang.String	EXTRA_Z
static int	RESULTCODE_ERROR
static int	RESULTCODE_UPDATE

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description
AccelerometerResultReceiver(Handler handler) Create a new ResultReceive to receive results.

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	setReceiver(AccelerometerResultReceiver.Receiver receiver)

Methods inherited from class java.lang.Object

equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Figura A3 - JavaDoc da classe Receiver para o acelerómetro do smartphone.

```
private class LiveRecordActivity.AccelerometerReceiver
extends java.lang.Object
implements com.example.utilizador.layouttest.deviceSensorsUtils.AccelerometerResultReceiver.Receiver
```

Field Summary

Fields

Modifier and Type	Field and Description
private int	resultTextViewID
private float	x
private float	y
private float	z

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description
AccelerometerReceiver()

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	error(java.lang.String error)
void	newEvent(float x, float y, float z)
private void	sendLocationToUI()

Methods inherited from class java.lang.Object

clone, equals, finalize, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Figura A4 - JavaDoc da classe FileOperation responsável pela gravação em ficheiro das monitorizações.

public class FileOperations
extends java.lang.Object

Created by mib12o88o1

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description

FileOperations()

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	close()
void	deletefile(java.lang.String fname, Context ctx)
java.lang.String[]	getAllfiles(Context ctx)
java.util.HashMap<java.lang.Integer,java.util.List<SensorData>>	readFile(java.lang.String fname, Context ctx)
void	writeToFile(java.lang.String fname, int sType, java.lang.String time, double x, double y, double z, Context ctx)
void	writeToFile(java.lang.String fname, int sType, java.lang.String time, float x, Context ctx)
void	writeToFile(java.lang.String fname, int sType, java.lang.String time, float x, float y, float z, Context ctx)

Methods inherited from class java.lang.Object
equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Constructor Detail

FileOperations

public FileOperations()

Figura A5 - JavaDoc da classe ProFilesOperation responsável pela gravação em ficheiro dos perfis de sensores.

public class ProfileOperations
extends java.lang.Object

Created by mib12o88o1

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description

ProfileOperations()

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type	Method and Description
void	deleteProfile(java.lang.String fname, Context ctx)
java.lang.String[]	getProfiles(Context ctx)
java.util.ArrayList<java.lang.String>	readProfile(java.lang.String profilename, Context ctx)
void	writeProfile(java.lang.String profilelame, java.util.ArrayList<java.lang.Integer> vJSensors, boolean gps, java.util.ArrayList<java.lang.Integer> devSensors, Context ctx)

Methods inherited from class java.lang.Object
equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Constructor Detail

ProfileOperations

public ProfileOperations()

Figura A6 - JavaDoc da classe UploadFileDB responsável pelo envio de ficheiros de exames para a Dropbox.

```
public class UploadFileDB
extends <any>

Created by mib12o88o1
```

Constructor Summary

Constructors
Constructor and Description
UploadFileDB(Context context, com.dropbox.client2.DropboxAPI dropboxApi, java.lang.String path, java.io.File file)

Method Summary

Methods inherited from class java.lang.Object
equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Constructor Detail

UploadFileDB
<pre>public UploadFileDB(Context context, com.dropbox.client2.DropboxAPI dropboxApi, java.lang.String path, java.io.File file)</pre>

Anexo B

Figura B1 - Exemplo da trama de gravação em ficheiro durante processo de monitorização, na qual os diferentes elementos constituintes de cada medição são separados por vírgulas.

Sensor	timestamp	medição
242	1443537097687	3.4375
242	1443537097688	3.4375
242	1443537097689	3.465
14	1443537097762	-9.017944, 1.0055542, -15.367126
14	1443537097763	-9.8526, 0.50201416, -14.875793
1	1443537097764	1.9785004, 5.921402, 7.399719
1	1443537097765	1.97612, 5.876175, 7.283081
1	1443537097766	1.9070892, 5.890457, 7.333069
1	1443537097767	2.0070648, 5.8547516, 7.3687744
1	1443537097768	1.9618378, 5.8618927, 7.3425903
1	1443537097771	1.9904022, 5.785721, 7.3497314
14	1443537097772	-9.686279, 1.675415, -14.712524
999	1443537097773	21.0, 22.0, 7.0
999	1443537097774	21.0, 22.0, 7.0
999	1443537097775	21.0, 22.0, 7.0
999	1443537097778	21.0, 22.0, 7.0
1	1443537097820	1.9285126, 5.8928375, 7.525879
999	1443537097836	21.0, 22.0, 7.0
996	1443537097837	4567.0, 764.0, 78.0
1	1443537097885	2.1118011, 5.826187, 7.456848
1	1443537097952	2.1451263, 5.6762238, 7.442566
14	1443537097970	-10.687256, 0.66986084, -15.040588
999	1443537097971	21.0, 21.0, 7.0
999	1443537097973	21.0, 22.0, 7.0
1	1443537098019	2.2308197, 5.4001007, 7.5615845
999	1443537098036	21.0, 21.0, 7.0
1	1443537098085	2.0641937, 5.485794, 7.4068604
1	1443537098153	1.745224, 5.761917, 7.713928
14	1443537098170	-10.353088, 4.6920776, -15.693665
999	1443537098186	21.0, 21.0, 7.0

Bibliografia

- [1] G. Eysenbach, "What is e-health?," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 3, 2001.
- [2] G. Halvorson, P. Goldsbrough, D. J. Kent, K. Close, and D. D. Becker, "The Digital Dimension of Healthcare," Global Health Policy Summit 2012.
- [3] P. Prokopiou, "Android home monitor system for post cardiosurgery patients," ΣΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΤΠΡΟΤ, 2012.
- [4] P. Zanaboni and R. Wootton, "Adoption of telemedicine: from pilot stage to routine delivery," *BMC medical informatics and decision making*, vol. 12, p. 1, 2012.
- [5] F. Sufi, Q. Fang, and I. Cosic, "Ecg rr peak detection on mobile phones," 2007, pp. 3697-3700.
- [6] C. Free, L. Phillips G Fau - Felix, L. Felix L Fau - Galli, V. Galli L Fau - Patel, P. Patel V Fau - Edwards, and P. Edwards, "The effectiveness of M-health technologies for improving health and health services: a systematic review protocol," 2010.
- [7] M. N. Boulos, S. Wheeler, C. Tavares, and R. Jones, "How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX," *Biomed Eng Online*, vol. 10, p. 24, 2011.
- [8] C. Klersy, A. De Silvestri, G. Gabutti, A. Raisaro, M. Curti, F. Regoli, *et al.*, "Economic impact of remote patient monitoring: an integrated economic model derived from a meta-analysis of randomized controlled trials in heart failure," *European Journal of Heart Failure*, vol. 13, pp. 450-459, 2011.
- [9] S. P. d. Cardiologia. Available: <http://www.spc.pt>, acedido a última vez em 10 de Setembro de 2015
- [10] F. P. d. Cardiologia. (2014). Available: <http://www.fpcardiologia.pt/>, acedido a última vez em 10 de Setembro de 2015
- [11] I. N. d. Estatística. (2015). Available: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdestboui=229848995&DESTAQUESmodo=2, última vez acedido em 10 de Setembro de 2015
- [12] V. W. Consulting, "mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World," Washington, D.C. and Berkshire, UK 2009.
- [13] M. Á. M. García, "ECG2HRV: A NEW TOOL FOR THE RESEARCH IN HEART RATE VARIABILITY," 2013.
- [14] C. f. D. C. a. Prevention. (2015). *Health, United States, 2014*. Available: [http://www.cdc.gov/nchs/data/14.pdf#024](http://www.cdc.gov/nchs/data/hus/14.pdf#024), última vez acedido em 10 de Setembro de 2015
- [15] R. Auer, D. C. Bauer, P. Marques-Vidal, J. Butler, L. J. Min, J. Cornuz, *et al.*, "Association of major and minor ECG abnormalities with coronary heart disease events," *JAMA*, vol. 307, pp. 1497-1505, 2012.
- [16] M. A. Moreno, "An Android Hosted Bluetooth ECG Monitoring Device," Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin 2012.
- [17] M. Rivera-Ruiz, C. Cajavilca, and J. Varon, "Einthoven's string galvanometer: the first electrocardiograph," *Texas Heart Institute Journal*, vol. 35, p. 174, 2008.
- [18] E. C. Gullette, J. A. Blumenthal, M. Babyak, W. Jiang, R. A. Waugh, D. J. Frid, *et al.*, "Effects of mental stress on myocardial ischemia during daily life," *Jama*, vol. 277, pp. 1521-1526, 1997.

- [19] S. Z. Bong, M. Murugappan, and S. Yaacob, "Analysis of Electrocardiogram (ECG) Signals for Human Emotional Stress Classification," in *Trends in Intelligent Robotics, Automation, and Manufacturing*, ed: Springer, 2012, pp. 198-205.
- [20] F.-T. Sun, C. Kuo, H.-T. Cheng, S. Buthpitiya, P. Collins, and M. Griss, "Activity-aware mental stress detection using physiological sensors," in *Mobile Computing, Applications, and Services*, ed: Springer, 2012, pp. 211-230.
- [21] M. P. Tarvainen, J.-P. Niskanen, J. A. Lipponen, P. O. Ranta-Aho, and P. A. Karjalainen, "Kubios HRV-heart rate variability analysis software," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 113, pp. 210-220, 2014.
- [22] M. M. Corrales, "Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population," *Health*, vol. 04, pp. 377-385, 2012.
- [23] Medicore, "Heart Rate Variability Analysis System - Clinical Information."
- [24] J. Lee and V. R. Harley, "The male fight-flight response: A result of SRY regulation of catecholamines?," *Bioessays*, vol. 34, pp. 454-457, 2012.
- [25] J. González-Alonso, C. Teller, S. L. Andersen, F. B. Jensen, T. Hyldig, and B. Nielsen, "Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat," *Journal of Applied Physiology*, vol. 86, pp. 1032-1039, 1999-03-01 00:00:00 1999.
- [26] T. Prazak. (2013). *How Heat & Humidity Affect Performance*. Available: <http://triathlete-europe.competitor.com/2013/08/23/how-heat-humidity-affect-performance>, acedido a última vez em 10 de Setembro de 2015
- [27] W. J. Daly and S. Bondurant, "EFFECTS OF OXYGEN BREATHING ON THE HEART RATE, BLOOD PRESSURE, AND CARDIAC INDEX OF NORMAL MEN—RESTING, WITH REACTIVE HYPEREMIA, AND AFTER ATROPINE," *Journal of Clinical Investigation*, vol. 41, pp. 126-132, 1962.
- [28] R. L. Hughson, Y. Yamamoto, R. E. McCullough, J. R. Sutton, and J. T. Reeves, "Sympathetic and parasympathetic indicators of heart rate control at altitude studied by spectral analysis," *Journal of Applied Physiology*, vol. 77, pp. 2537-2542, 1994-12-01 00:00:00 1994.
- [29] J. Gikas and M. M. Grant, "Mobile computing devices in higher education: Student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media," *The Internet and Higher Education*, vol. 19, pp. 18-26, 2013.
- [30] Ericsson. (2013). *Ericsson Mobility Report*. Available: <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-mobility-report-november-2013.pdf>, acedido a última vez em 4 de Fevereiro de 2015
- [31] OurMobilePlanet. (2014). Available: https://think.withgoogle.com/mobileplanet/en/graph/?country=pt&category=DETAIL_S&topic=Q00&stat=Q00_1&wave=2012&wave=2013&age=all&gender=all&chart_type=&active=wave, acedido a última vez em 4 de Fevereiro de 2015
- [32] M. F. Colunas, J. M. A. Fernandes, I. C. Oliveira, and J. P. S. Cunha, "Droid Jacket: Using an Android based smartphone for team monitoring," in *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International*, 2011, pp. 2157-2161.
- [33] C. Janssen. Available: <http://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app>, acedido a última vez em 4 de Fevereiro de 2015
- [34] C. M. d. S. Tibes, J. D. Dias, and S. H. Zem-Mascarenhas, "Mobile applications developed for the health sector in Brazil: an integrative literature review," *REME: Revista Mineira de Enfermagem*, vol. 18, 2014.
- [35] Statista. (2014). *Global market share held by the leading smartphone operating systems in sales to end users from 1st quarter 2009 to 4th quarter 2013*. Available: <http://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/>, acedido a última vez a 8 de Fevereiro de 2015
- [36] B. Garcês, "Funcionalidades avançadas para aplicações móveis de uma plataforma de monitorização contínua de saúde," Mestrado Integrado de Engenharia Informática e Computação, Departamento de Engenharia Informática e Computação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [37] Statista. *Market share held by smartphone operating systems worldwide in 2013 and 2017*. Available: <http://www.statista.com/statistics/272307/market-share-forecast-for-smartphone-operating-systems/>, acedido a última vez a 8 de Fevereiro de 2015

- [38] Developers. *Sensors Overview*. Available: http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html, última vez acedido em 10 de Setembro de 2015
- [39] D. Liu and M. Ulrich, "Listen to Your Heart: Stress Prediction Using Consumer Heart Rate Sensors," 2013.
- [40] Zephyr. (2012,). *Zephyr HxM*. Available: <http://zephyranywhere.com/products/hxm-bluetooth-heart-rate-monitor/>, acedido a última vez acedido em 4 de Fevereiro de 2015
- [41] Sensaris, "ZAO, a connected m-health device " Available: <http://sensaris.com/wp-content/uploads/2012/10/ZAO-presentation-v0.3.pdf>, acedido a última vez em 4 de Fevereiro de 2015
- [42] D. Shamah. (2014). *Israeli ECG T-shirt monitors hearts, saves lives*. Available: <http://www.timesofisrael.com/israeli-ecg-t-shirt-monitors-hearts-saves-lives/>, última vez acedido em 10 de Setembro de 2015
- [43] D. Care. Available: <http://www.dgacare.com/index.php/nl/>, última vez acedido em 10 de Setembro de 2015
- [44] Biodevices. (2011). *Vital Jacket*. Available: <http://vagueterrain.net/journal18/biodevices/01>, acedido a última vez a 7 de Fevereiro de 2015
- [45] Biodevices. (2013). *VitalJacket SDK v1.0.03 - Technical Specifications*. Available: <http://www.sdk.vitaljacket.com/wp-content/uploads/Sdk-Technical-Specification-v1.0.03.pdf>, acedido a última vez a 10 de Setembro de 2015
- [46] B. Martinez-Perez, I. de la Torre-Diez, M. Lopez-Coronado, and J. Herreros-Gonzalez, "Mobile apps in cardiology: review," *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 1, p. e15, 2013.
- [47] Y. Po-Chun, C. Jen-Ho, T. Ming-Shi, and T. Ching-Hsiang, "A smartphone-based heart rate variability analysis system for vehicle drivers," in *ITS Telecommunications (ITST), 2012 12th International Conference on*, 2012, pp. 827-831.
- [48] O. Banos, C. Villalonga, M. Damas, P. Gloesekoetter, H. Pomares, and I. Rojas, "PhysioDroid: combining wearable health sensors and mobile devices for a ubiquitous, continuous, and personal monitoring," *ScientificWorldJournal*, vol. 2014, p. 490824, 2014.
- [49] L. J. Fau, N. Lowres, L. Neubeck, D. B. Brieger, R. W. Sy, C. D. Galloway, *et al.*, "iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: a novel technology to prevent stroke," 20130415 DCOM- 20140121.
- [50] FreeAndroidApps. Available: <http://amazefiles.com/pt/android-apps/aliveecg/>, acedido a última vez a 16 de Setembro de 2015
- [51] B. Barringer. (2015). *Windows and mobile apps must be different to be successful*. Available: <http://searchconsumerization.techtarget.com/tip/Windows-and-mobile-apps-must-be-different-to-be-successful>, acedido a última vez a 6 de Fevereiro de 2015
- [52] Developers. *Layouts*. Available: <http://developer.android.com/guide/topics/ui/declaring-layout.html>, acedido a última vez em 10 de Setembro de 2015

